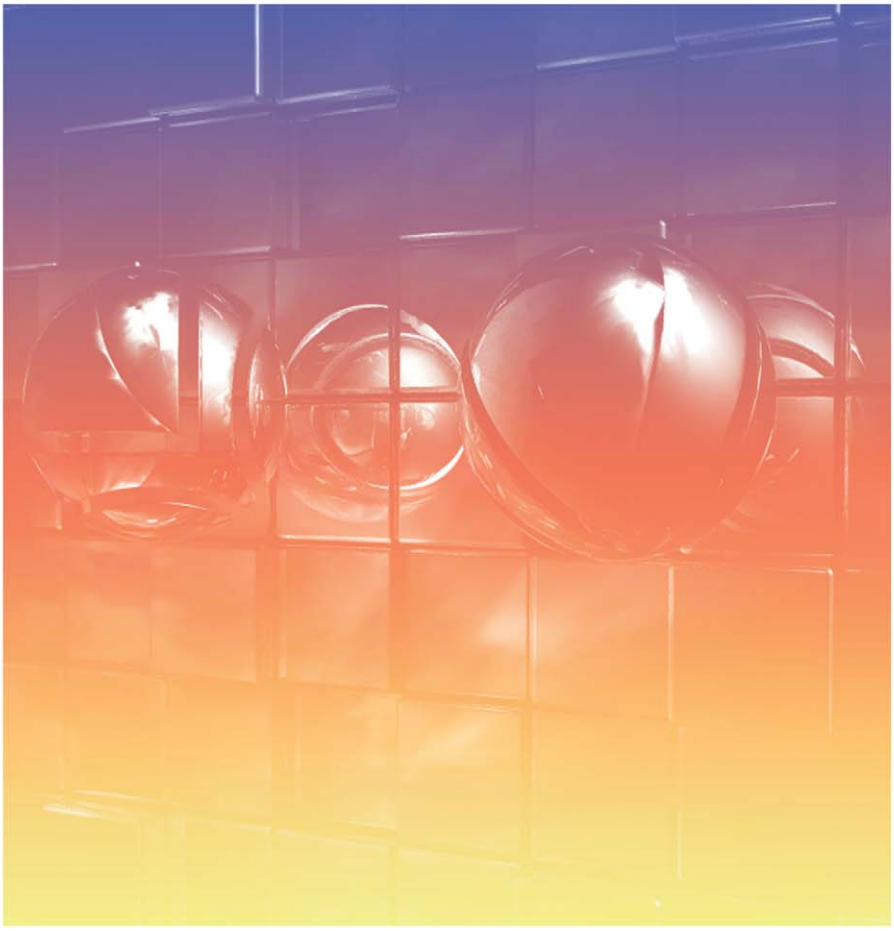
Crys Fajar Partana • Antuni Wiyarsi •



Mari Belajar Kimia

untuk SMA-MA Kelas XII IPA

JILID 3

PUSAT PERBUKUAN
Departemen Pendidikan Nasional

Crys Fajar Partana ● Antuni Wiyarsi ●

Mari Belajar Kimia

untuk SMA-MA Kelas XII IPA

PUSAT PERBUKUAN
Departemen Pendidikan Nasional

JILID 3

Hak Cipta pada Departemen Pendidikan Nasional
Dilindungi Undang-undang

Mari Belajar Kimia

untuk SMA-MA Kelas XII IPA

Penyusun Crys Fajar Partana
Antuni Wiyarsi

Editor : Eko Supatmawati
Setting : Sharifudin
Dokumentasi Foto : Sriyati
Ukuran : 17,6 × 25 cm

540.7
CRY CRYS Fajar Partana
m Mari Belajar Kimia 3 : Untuk SMA-MA Kelas XII IPA
/ penyusun, Crys Fajar Partana, Antuni Wiyarsi ; editor, Eko Supatmawati
. — Jakarta : Pusat Perbukuan, Departemen Pendidikan Nasional, 2009.
vi, 262 hlm. : ilus. ; 25 cm.

Bibliografi : hlm. 255-256
Indeks
ISBN 978-979-068-188-0(no.jil.lengkap)
ISBN 978-979-068-191-0
1. Kimia-Studi dan Pengajaran I. Judul II. Antuni Wiyarsi
III. Eko Supatmawati

Hak Cipta Buku ini dibeli oleh Departemen Pendidikan Nasional
Dari Penerbit SIC

Diterbitkan Oleh Pusat Perbukuan
Departemen Pendidikan Nasional
Tahun 2009
Diperbanyak Oleh

KATA SAMBUTAN

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, berkat rahmat dan karunia-Nya, Pemerintah, dalam hal ini, Departemen Pendidikan Nasional, pada tahun 2008, telah membeli hak cipta buku teks pelajaran ini dari penulis/penerbit untuk disebarluaskan kepada masyarakat melalui situs internet (*website*) Jaringan Pendidikan Nasional.

Buku teks pelajaran ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan dan telah ditetapkan sebagai buku teks pelajaran yang memenuhi syarat kelayakan untuk digunakan dalam proses pembelajaran melalui Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 22 Tahun 2007 tanggal 25 Juni 2007.

Kami menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada para penulis/penerbit yang telah berkenan mengalihkan hak cipta karyanya kepada Departemen Pendidikan Nasional untuk digunakan secara luas oleh para siswa dan guru di seluruh Indonesia.

Buku-buku teks pelajaran yang telah dialihkan hak ciptanya kepada Departemen Pendidikan Nasional ini, dapat diunduh (*down load*), digandakan, dicetak, dialihmediakan, atau difotokopi oleh masyarakat. Namun, untuk penggandaan yang bersifat komersial harga penjualannya harus memenuhi ketentuan yang ditetapkan oleh Pemerintah. Diharapkan bahwa buku teks pelajaran ini akan lebih mudah diakses sehingga siswa dan guru di seluruh Indonesia maupun sekolah Indonesia yang berada di luar negeri dapat memanfaatkan sumber belajar ini.

Kami berharap, semua pihak dapat mendukung kebijakan ini. Kepada para siswa kami ucapkan selamat belajar dan manfaatkanlah buku ini sebaik-baiknya. Kami menyadari bahwa buku ini masih perlu ditingkatkan mutunya. Oleh karena itu, saran dan kritik sangat kami harapkan.

Jakarta, Februari 2009

Kepala Pusat Perbukuan

KATA PENGANTAR

Buku Mari Belajar Kimia XII IPA merupakan salah satu buku panduan bagi kalian yang duduk di Sekolah Menengah Atas (SMA)-Madrasah Aliyah (MA). Buku ini disusun dengan mengacu pada kompetensi mata pelajaran kimia SMA-MA yang dapat kalian gunakan untuk mencapai kemampuan kalian dalam penguasaan materi, peningkatan ketrampilan, penumbuhan sikap ilmiah, dan peningkatan ketrampilan berpikir.

Buku ini menyajikan materi, peta konsep, kata kunci, prasyarat pembelajaran, contoh, kegiatan mandiri, aktivitas kimia, sejauh mana pemahaman kalian, tahukah kalian, ingat kembali, latihan, ringkasan, uji kompetensi, glosarium, dan lampiran yang berisi daftar tetapan. Kalian dapat menggunakan buku ini tanpa kesulitan dengan memahami petunjuk penggunaan buku yang telah disajikan.

Diharapkan buku ini dapat membantu kalian belajar dengan mudah, berpikir cerdas, dan kreatif. Semoga buku ini bermanfaat bagi kalian dan guru pengajar untuk meningkatkan mutu pendidikan di negara kita tercinta. Penyusun menyadari bahwa buku ini masih ada kekurangan dalam penyusunan. Kritik dan saran dari semua pengguna buku ini sangat diharapkan.

Penyusun

Diunduh dari BSE.Mahoni.com

DAFTAR ISI

KATA SAMBUTAN iii

KATA PENGANTAR iv

DAFTAR ISI v

BAB 1 SIFAT KOLIGATIF LARUTAN 1

A. Pendahuluan 3
B. Molaritas, Molalitas, dan Fraksi Mol 4
C. Penurunan Tekanan Uap Pelarut oleh Zat Terlarut 9
D. Kenaikan Titik Didih Larutan 16
E. Penurunan Titik Beku Larutan (ΔT_f) 23
F. Tekanan Osmosis 27
G. Sifat Koligatif Larutan Elektrolit 32

Uji Kompetensi Sifat Koligatif Larutan 39

BAB 2 REAKSI REDOKS 43

A. Reaksi Redoks 45
B. Sel Elektrokimia 56
C. Deret Volta 67
D. Baterai dan Sel Bahan Bakar 68

Uji Kompetensi Reaksi Redoks 74

BAB 3 ELEKTROLISIS 77

A. Sel Elektrolisis 79
B. Meramalkan Reaksi Elektrolisis 81
C. Hukum Faraday 84
D. Aplikasi Elektrolisis 87
E. Korosi 91

Uji Kompetensi Elektrolisis 97

BAB 4 KIMIA UNSUR 99

A. Kelimpahan Unsur-unsur di Alam 101
B. Sifat-sifat Unsur 103
C. Air Sadah 138
D. Pembuatan dan Kegunaan Unsur Logam dan Senyawanya 141
E. Pembuatan dan Kegunaan Unsur Nonlogam dan Senyawanya 157
F. Unsur-Unsur Radioaktif 174

Uji Kompetensi Kimia Unsur 182

UJI KOMPETENSI SEMESTER 1 185

BAB 5 SENYAWA ORGANIK DAN MAKROMOLEKUL 187

A. Senyawa Karbon 189
B. Benzena dan Turunannya 210
C. Makromolekul 216
D. Lemak 229

Uji Kompetensi Senyawa Organik dan Makromolekul 236

UJI KOMPETENSI SEMESTER 2 239

UJI KOMPETENSI AKHIR TAHUN 241

GLOSARIUM 243

LAMPIRAN 247

DAFTAR PUSTAKA 255

KUNCI JAWABAN 257

INDEKS 259

BAB 1

SIFAT KOLIGATIF LARUTAN

Tujuan Pembelajaran

Setelah belajar bab ini, kalian diharapkan mampu:

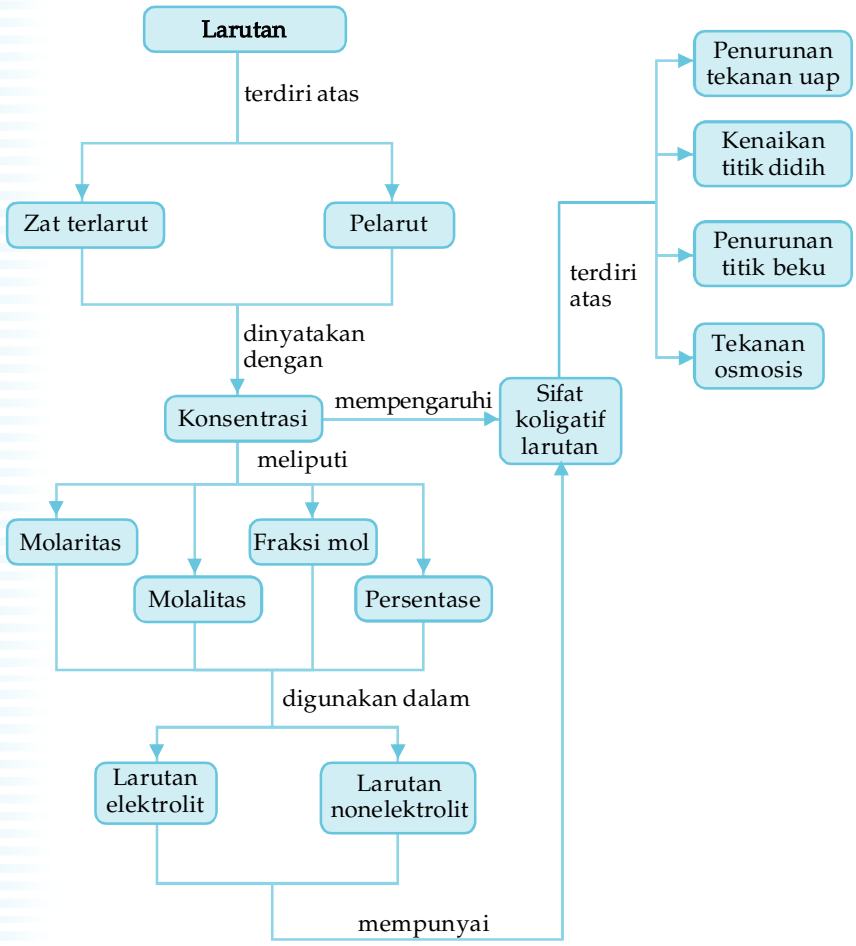
- menjelaskan sifat koligatif larutan, seperti tekanan uap, titik didih, titik beku, dan tekanan osmosis;
- menyimpulkan perbedaan sifat koligatif larutan elektrolit dengan sifat koligatif larutan nonelektrolit yang molaritasnya sama berdasarkan eksperimen.



Sumber: Dokumentasi Penerbit

Kalian telah mengenal air murni. Air laut bukan merupakan air murni, tetapi merupakan larutan. Kalian pasti tahu, air laut mengandung ion natrium dan ion klorida. Ion-ion tersebut memberikan karakteristik garam. Sifat-sifat fisik dari larutan akan kalian pelajari pada bab ini.

Peta Konsep



Kata Kunci

- Sifat koligatif larutan
- Molaritas
- Fraksimol
- Persentase

Prasyarat Pembelajaran

1. Apakah sifat fisik tiap-tiap larutan sama? Jelaskan.
2. Apa yang dimaksud dengan sifat koligatif larutan?
3. Sebutkan contoh peristiwa di sekitar kalian yang menunjukkan sifat koligatif larutan.

A. Pendahuluan

Di alam bebas hampir tidak ditemukan zat cair murni 100 %. Hampir semua cairan yang ada di bumi berbentuk larutan atau campuran. Larutan merupakan campuran yang homogen, yaitu suatu campuran serba sama, antara zat terlarut (*solute*) dan zat pelarut (*solvent*), sehingga tidak dapat dibedakan satu sama lain.



Sumber: Dokumentasi Penerbit

Gambar 1.1
Kristal garam diperoleh dari air laut yang diuapkan. Kristal garam tersebut, jika dilarutkan dalam air berubah menjadi partikel yang sangat kecil, sehingga garam dapat larut dalam air. Larutan garam merupakan campuran homogen.

Adanya zat terlarut di dalam pelarut menyebabkan perubahan sifat fisik pada pelarut dan larutan tersebut. Sifat fisik yang mengalami perubahan misalnya penurunan tekanan uap, penurunan titik didih, kenaikan titik didih, dan tekanan osmosis.

Ada banyak hal yang menyebabkan larutan mempunyai sifat yang berbeda dengan pelarutnya. Salah satu sifat terpenting dari larutan adalah sifat koligatif larutan. Sifat koligatif didefinisikan sebagai **sifat fisik larutan yang hanya ditentukan oleh jumlah partikel dalam larutan dan tidak tergantung jenis partikelnya**. Beberapa sifat koligatif yang akan dibicarakan dalam bab ini meliputi penurunan tekanan uap pelarut, penurunan titik beku larutan, kenaikan titik didih larutan, dan tekanan osmosis larutan.

Jumlah zat terlarut dalam suatu larutan dinyatakan dengan konsentrasi larutan. Konsentrasi menyatakan komposisi secara kuantitatif perbandingan zat terlarut dengan pelarut dan atau larutan. Ada beberapa cara untuk menyatakan secara kuantitatif komposisi tersebut, antara lain adalah molaritas, molalitas, dan fraksi mol. Ketiganya akan menjadi dasar untuk mempelajari sifat koligatif larutan, sehingga ketiganya harus dipelajari terlebih dahulu.

B. Molaritas, Molalitas, dan Fraksi Mol

Ingat Kembali

Jumlah mol zat dapat ditentukan berdasarkan yang diketahui. Misal jika diketahui massa zat, maka jumlah mol zat dapat diperoleh dengan

$$n = \frac{\text{massa zat}}{\text{massa molar}} = \frac{W}{M_m}$$

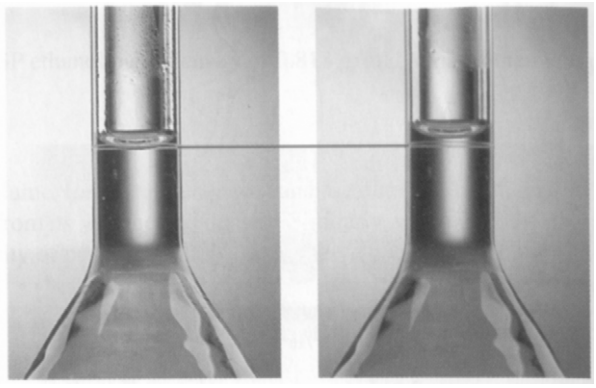
Massa molar setara dengan massa atom relatif/massa molekul relatif.

1. Molaritas (M)

Molaritas merupakan satuan yang paling banyak digunakan. Konsentrasi molar dari larutan didefinisikan sebagai banyaknya mol zat terlarut dalam setiap liter larutan. Jadi, molaritas menyatakan perbandingan antara jumlah mol zat dengan volume dalam liter larutan. Molaritas disimbolkan dengan huruf M dan dinyatakan dalam mol L^{-1}.

$$M = \frac{n}{V}$$

dengan M = molaritas (mol L^{-1})
V = volume larutan (L)
n = jumlah mol zat terlarut (mol)



Gambar 1.2
(a) Larutan HCl 0,1 M pada suhu 20 C.
(b) Larutan pada Gambar (a) yang suhunya dinaikan menjadi 25 C.

(a) (b)

Sumber: General chemistry, Hill J. W, Petrucci R. H, Mc Creary T. W, dan Perry S. S

Coba kalian perhatikan Gambar 1.2. Larutan HCl 0,1 M pada suhu 20 C, bagaimana sifat molaritas HCl jika suhunya dinaikan menjadi 25 C? Pada suhu ini permukaan larutannya menjadi lebih tinggi. Jika pada suhu yang tinggi, maka volume larutan menjadi lebih besar, sedangkan molaritasnya menjadi kurang dari 0,1 M.

Contoh

Tentukan molaritas larutan H_2SO_4 25 % (massa) yang mempunyai massa jenis 1,178 g mL^{-1}.

Jawab

25 % massa H_2SO_4 (Mr H_2SO_4: 98) dengan massa jenis 1,178. Misalkan massa larutan = 100 g.

$$\text{25 \% massa } H_2SO_4 = \frac{25}{100} \times 100 \text{ gram}$$
$$= 25 \text{ gram}$$

$$\text{Jumlah mol } H_2SO_4 = \frac{25 \text{ g}}{98 \text{ g mol}^{-1}}$$
$$= 0{,}255 \text{ mol}$$

$$\text{Volume larutan } (V) = \frac{100 \text{ g}}{1{,}178 \text{ g mL}^{-1}} = 84{,}89 \text{ mL}$$

$$M = \frac{n}{V} = 0{,}255 \text{ mol} \times \frac{1000 \text{ mL L}^{-1}}{84{,}89 \text{ mL}}$$
$$= 3{,}00 \text{ mol L}^{-1}$$

Jadi, molaritas larutan H_2SO_4 25 % (massa) adalah 3,00 mol L^{-1}.

Ingat Kembali

Ar H = 1
S = 32
O = 16
Rumus massa jenis

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Sejauh Mana Pemahaman Kalian ?

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Tentukan molaritas dari larutan yang terdiri atas 17,1 gram gula pasir ($C_{12}H_{22}O_{11}$) dalam 0,25 liter larutan.
2. Berapa molaritas larutan asam sulfat 95 % dengan massa jenis 1,2 g mL^{-1}?

2. Molalitas (*m*)

Molalitas menyatakan perbandingan mol zat terlarut dalam kilogram pelarut. Molalitas dinyatakan antara jumlah mol zat terlarut dengan massa dalam kg pelarut. Bagaimana simbol dari molalitas zat? Molalitas disimbolkan dengan *m*.

$$m = \frac{n}{p}$$

dengan n = jumlah mol zat terlarut (mol)
p = massa pelarut (kg)
m = molalitas (mol kg^{-1})

Satuan molalitas adalah mol kg^{-1}. 1 mol kg^{-1} sama dengan 1 molal. Pada buku ini satuan molalitas yang digunakan adalah molal.

Contoh

1. Berapa molalitas larutan yang dibuat dari 4 gram NaOH dengan 200 gram air?

Jawab

4 gram NaOH dalam 200 gram air



Ar Na = 23
H = 1
O = 16
1 mol kg^{-1} =
1 molal = 1 m.

$$\text{Jumlah mol NaOH} = \frac{4\text{ g}}{40\text{ g mol}^{-1}}$$

$$= 0{,}1\text{ mol}$$

$$\text{Massa pelarut (air)} = \frac{200}{1000}\text{kg}$$

$$= 0{,}2\text{ kg}$$

$$m = \frac{n}{p} = \frac{0{,}1\text{ mol}}{0{,}2\text{ kg}}$$

$$= 0{,}5\text{ molal}$$

Jadi, molalitas larutan NaOH adalah 0,5 m.

2. Tentukan molalitas larutan glukosa ($C_6H_{12}O_6$) 6 %.

Jawab

Larutan glukosa 6 % mengandung arti bahwa setiap 100 gram larutan massa glukosa = 6 gram dan massa air 94 gram

$$\text{Massa glukosa dalam 6 \% glukosa} = \frac{6}{100}\times 100\text{ gram}$$

$$= 6\text{ gram}$$

Massa pelarut = (100 − 6) gram = 94 gram = 0,094 kg

$$\text{Jumlah mol glukosa} = \frac{6\text{g}}{180\text{ g mol}^{-1}} = 0{,}033\text{ mol}$$



Ar C = 12
H = 1
O = 16

$$m = \frac{0{,}033\text{ mol}}{0{,}094\text{ kg}} = 0{,}35\text{ molal}$$

Jadi, molalitas larutan glukosa 6 % adalah 0,35 molal.

Sejauh Mana Pemahaman Kalian ?

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Tentukan molalitas larutan yang dibuat dengan melarutkan 12 gram urea $CO(NH_2)_2$ dalam 250 gram air.

2. Berapa molalitas larutan alkohol yang mengandung 23 % massa etanol (Mr = 46)?
3. Hitung kadar (% massa) glukosa dalam larutan glukosa 2 molal.

3. Fraksi mol

Fraksi mol merupakan satuan konsentrasi yang menyatakan perbandingan antara jumlah mol salah satu komponen larutan (jumlah mol zat pelarut atau jumlah mol zat terlarut) dengan jumlah mol total larutan. Fraksi mol disimbolkan dengan χ. Misal dalam larutan hanya mengandung 2 komponen, yaitu zat B sebagai zat terlarut dan A sebagai pelarut, maka fraksi mol A disimbolkan χ_A dan χ_B untuk fraksi mol zat terlarut.

$$\chi_A = \frac{n_A}{n_A + n_B}$$

$$\chi_B = \frac{n_B}{n_A + n_B}$$

dengan χ_A = fraksi mol pelarut
χ_B = fraksi mol zat terlarut
n_A = jumlah mol pelarut
n_A = jumlah mol pelarut

Jumlah fraksi mol pelarut dengan zat terlarut sama dengan 1.

$$\chi_A + \chi_B = 1$$

Kegiatan Mandiri

Suatu campuran mengandung 20 mol etanol dan 5 mol air. Hitung fraksi mol etanol dan air dalam campuran tersebut. Komunikasikan hasilnya dengan teman kalian.

Contoh

1. Tentukan fraksi mol etanol (Mr = 46) dalam larutan etanol 46 % massa.

Jawab

Larutan etanol 46 % mengandung arti bahwa setiap 100 gram larutan mengandung:

Massa etanol $= \frac{46}{100} \times 100\ \text{g} = 46\ \text{g}$

Massa air $= (100 - 46)\ \text{g} = 54\ \text{g}$

Jumlah mol etanol (n_B) $= \frac{46\ \text{g}}{46\ \text{g mol}^{-1}} = 1\ \text{mol}$

Jumlah mol air (n_A) $= \frac{54\ \text{g}}{18\ \text{g mol}^{-1}} = 3\ \text{mol}$



$\chi_A + \chi_B = 1$

Persen (%)
$= \frac{\text{bagian zat}}{\text{bagian total}} \times 100\ \%$

Fraksi mol etanol = $\chi_B = \frac{n_B}{n_A + n_B}$

$= \frac{1 \text{ mol}}{1 \text{ mol} + 3 \text{ mol}} = 0{,}25$

Jadi, fraksi mol etanol adalah 0,25.

2. Berapa kadar (dalam %) glukosa ($C_6H_{12}O_6$) dalam suatu larutan, jika diketahui fraksi mol glukosa dalam larutan itu sama dengan 0,2 (Mr glukosa = 98)?

Jawab

Jika fraksi mol glukosa = 0,2; maka fraksi mol air = 0,8
Jumlah mol glukosa : jumlah mol air = 0,2 : 0,8
= 1 : 4

Massa glukosa : massa air
= (mol glukosa × Mr glukosa) : (mol air × Mr air)
= (1 × 98) : (4 × 18)
= 98 : 72

Kadar (%) glukosa = $\frac{98}{170} \times 100\ \% = 0{,}58\ \%$

Jadi, kadar glukosa dalam larutan sebesar 0,58 %.



Sejauh Mana Pemahaman Kalian ?

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Suatu larutan dibuat dengan melarutkan 2 gram NaOH dalam 90 gram air. Tentukan fraksi mol pelarut.(Ar Na = 23, O = 16, H = 1).
2. Tentukan fraksi mol urea 2 %.
3. Jika fraksi mol air dalam larutan glukosa adalah 0,1; maka berapa kadar (%) glukosa.
4. Massa jenis HCl pekat 36 % adalah 1,05 kg L^{-1}. Tentukan volume HCl pekat untuk memperoleh HCl 0,125 M sebanyak 100 mL.
5. Bu Atik melarutkan gula 250 g dalam air. Larutan ini mempunyai massa jenis 1,104 g mL^{-1} pada suhu 20 C. Hitung molaritas, molalitas, dan fraksi mol dari larutan yang dibuat Bu Atik.



Rumus molekul gula adalah $C_{12}H_{22}O_{11}$.

Latihan 1

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Tentukan molaritas larutan etanol 43 % dalam air dengan massa jenis 0,95 g mL^{-1}.
2. Hitung molaritas 200 mL larutan glukosa yang mengandung 2 gram glukosa.
3. Gas H_2S dapat melarut dalam aseton dengan molaritas 0,1 M. Berapa mL gas H_2S yang dapat melarut dalam 100 mL aseton?
4. Hitung molalitas larutan yang mengandung 1 gram NaCl dan 100 gram air.
5. Tentukan molalitas etanol 95 %.
6. Dua gram NaOH dilarutkan dalam 150 mL air. Berapa molalitas larutannya?
7. Berapa gram urea dan berapa gram air yang diperlukan untuk membuat larutan urea 2 molal?
8. Tentukan fraksi mol urea dalam larutan urea 60 %.
9. Berapa kadar (%) etanol dalam larutan etanol, jika fraksi etanol adalah 0,2?
10. Larutan NaCl 10 % mempunyai massa jenis 1,1 kg L^{-1}. Berapa molalitas dan fraksi mol air dalam larutan tersebut?

C. Penurunan Tekanan Uap Pelarut oleh Zat Terlarut

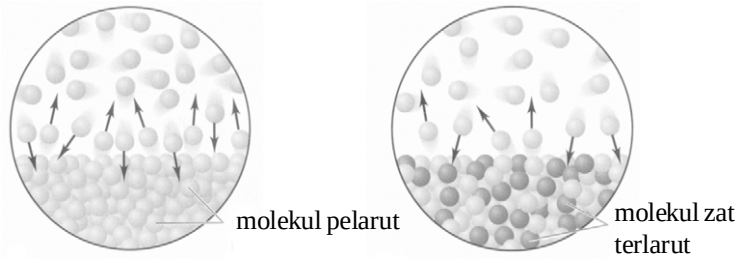
1. Pengertian tekanan uap jenuh

Zat cair atau padat jika dimasukkan dalam suatu ruang tertutup akan menguap sampai ruang tersebut jenuh. Pada keadaan jenuh, proses penguapan tetap berlangsung yang disertai proses pengembunan dengan laju yang sama. Dalam keadaan ini terjadi kesetimbangan dinamis antara zat cair atau padat dengan uap jenuhnya. Tekanan yang ditimbulkan oleh uap jenuh disebut **tekanan uap jenuh.** Gambar 1.3 memperlihatkan terjadinya kesetimbangan dinamis antara zat cair dengan uap jenuhnya.



Sumber: Dokumentasi Penerbit

Gambar 1.3
Air mendidih mengalami proses penguapan dan pengembunan.



(a) pelarut murni (b) larutan

Gambar 1.4
Kesetimbangan dinamis antara zat cair atau zat padat dengan uap jenuhnya.

Sumber: Chemistry, The molecular Nature of Matter and Change, Silberberg M. S.

Tekanan uap jenuh dipengaruhi oleh jenis zat dan suhu. Jika zat yang memiliki gaya tarik-menarik antarpartikel relatif besar, maka zat tersebut sukar menguap sehingga memiliki tekanan uap jenuh yang relatif kecil. Contoh garam dan gula. Bagaimana jika zat yang memiliki gaya tarik-menarik antarpartikel relatif lemah? Untuk zat yang memiliki gaya tarik menarik antarpartikel relatif lemah, maka zat tersebut akan mudah menguap. Sehingga, zat ini memiliki tekanan uap jenuh yang relatif tinggi. Contoh etanol dan eter.

Selain jenis zat, tekanan uap jenuh juga dipengaruhi oleh suhu. Kenaikan suhu menyebabkan energi kinetik molekul-molekul cairan bertambah besar sehingga lebih banyak molekul yang dapat meninggalkan permukaan memasuki fase gas. Hal ini mengakibatkan molaritas cairan makin besar yang artinya tekanan uap jenuhnya juga semakin besar. Apa yang dapat kalian simpulkan? Jika suhu dinaikan, maka tekanan uap jenuh akan bertambah besar. Tekanan uap jenuh air pada berbagai suhu disajikan dalam Tabel 1.1.

Tabel 1.1. Tekanan uap jenuh air pada berbagai suhu

No	Suhu (°C)	*P* (mmHg)	No	Suhu (°C)	*P* (mmHg)
1	0	4,58	14	60	149,4
2	5	6,54	15	65	187,5
3	10	9,21	16	70	233,7
4	16	13,63	17	80	355,1
5	20	17,54	18	90	525,8
6	25	23,76	19	92	567,0
7	27	26,74	20	94	610,9

No	Suhu (°C)	P (mmHg)	No	Suhu (°C)	P (mmHg)
8	30	31,82	21	98	707,3
9	35	42,2	22	100	760,0
10	40	55,3	23	102	815,9
11	45	71,9	24	106	937,9
12	50	97,5	25	108	1004,6
13	55	118,0	26	110	1074,6

Sumber: General chemistry, Hill J. W, Petrucci R. H, Mc Creary T. W, dan Perry S. S

2. Penurunan tekanan uap (ΔP)

Adakah pengaruh zat terlarut terhadap tekanan uap jenuh larutannya? Bagaimana pengaruh itu? Untuk menjawab pertanyaan tersebut, perhatikan data tekanan uap jenuh beberapa larutan pada suhu 28 °C di bawah ini.

Tekanan uap jenuh air = 28,36 mmHg
Tekanan uap larutan urea 0,1 M = 27,85 mmHg
Tekanan uap larutan urea 0,2 M = 27,34 mmHg

Apa yang dapat kalian simpulkan tentang ketiga tekanan uap tersebut? Berdasarkan data di atas, dapat disimpulkan bahwa tekanan uap suatu larutan akan semakin kecil, jika molaritas larutan semakin besar (bertambahnya zat terlarut). Hal ini dikarenakan molaritas larutan yang semakin besar, mengakibatkan fraksi mol zat terlarut juga bertambah besar.

Francois Raoult (dikenal Raoult), seorang ahli kimia dari Perancis mendapatkan hubungan antara tekanan uap jenuh larutan dengan tekanan jenuh pelarut dari konsentrasi larutan. Menurut *Raoult,* jika zat nonelektrolit yang sukar menguap dilarutkan, maka besarnya tekanan uap larutan tersebut dirumuskan sebagai berikut.

$$P = P^{o} \chi_A$$

dengan P = tekanan uap jenuh larutan (mmHg)
P^{o} = tekanan uap jenuh pelarut murni (mmHg)
χ_A = fraksi mol pelarut

Karena zat terlarut sukar menguap(nonvolatil), maka diperoleh hubungan P larutan sebagai berikut.

$P = P^{o} \chi_A$

di mana $\chi_A < 1$ sehingga $P < P^{o}$

Dari persamaan ini nampak bahwa terjadi penurunan tekanan uap dari pelarut. Besarnya penurunan tekanan uap tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut.

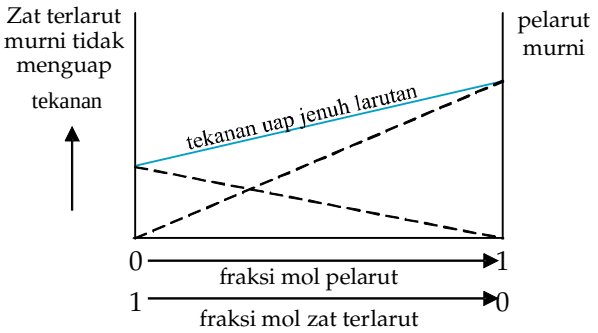
$$\Delta P = P^o - P$$
$$= P^o - P^o \times \chi_A$$
$$= P^o (1 - \chi_A)$$

karena $\chi_A + \chi_B = 1$, maka

$$\Delta P = P^o \times \chi_B$$

Jadi, penurunan tekanan uap pelarut tergantung pada banyaknya molaritas zat terlarut, sehingga tidak tergantung pada jenis zat terlarut.

Larutan yang memenuhi hukum-hukum di atas disebut larutan ideal dan itu terdapat pada larutan encer. Hubungan antara molaritas larutan dengan tekanan uap jenuh pelarut dari larutan ideal diberikan pada Gambar 1.5.



Gambar 1.5
Diagram P-χ larutan ideal dengan zat terlarut tidak menguap.

Berdasarkan pada Hukum *Raoult* yang telah diuraikan di atas, dapat ditentukan penurunan tekanan uap pelarut (ΔP) jika Mr zat terlarut diketahui. Sebaliknya, Mr zat terlarut dapat ditentukan jika ΔP dapat diukur.

Ingat Kembali

w_A = massa pelarut
w_B = massa zat terlarut

$$\Delta P = P^o - P = P^o \times \chi_B$$

$$= P^o \times \frac{\frac{w_B}{Mr_B}}{\frac{w_A}{Mr_A} + \frac{w_B}{Mr_B}}$$

Untuk larutan yang sangat encer berlaku

$$\frac{w_A}{Mr_A} >>> \frac{w_B}{Mr_B}$$

$$\Delta P = P^o \times \frac{\frac{w_B}{Mr_B}}{\frac{w_A}{Mr_A}} = P^o \times \frac{w_B}{Mr_B} \times \frac{Mr_A}{w_A}$$



Satuan massa gram disingkat g.

dengan w_A = massa pelarut (g)
w_B = massa zat terlarut (g)
Mr_A = massa molekul relatif pelarut (g mol^{-1})
Mr_B = massa molekul relatif zat terlarut.. (g mol^{-1})

Contoh

1. Tentukan tekanan uap jenuh air pada larutan yang mengandung 12 % massa urea $CO(NH_2)_2$, jika diketahui tekanan uap jenuh air pada suhu 30 °C = 31,82 mmHg.

Jawab

Dalam 100 gram larutan terdapat

Massa urea 12 % = $\frac{12}{100}$ 100 g = 12 g

Jumlah mol urea = $\frac{12}{60}$ mol = 0,2 mol

Massa pelarut (air) = (100 – 12) g = 88 g

Jumlah mol air = $\frac{88\text{ g}}{18\text{ g mol}^{-1}}$

$$\chi_A = \frac{4,89\text{ mol}}{4,89\text{ mol} + 0,2\text{ mol}} = 0,96$$

$P = P^o \chi_A$
$= 31,82\text{ mmHg} \quad 0,96 = 30,55\text{ mmHg}$

Jadi, tekanan uap jenuh air dengan adanya zat terlarut menurun menjadi 30,55 mmHg.

2. Larutan nonelektrolit terdiri atas 10 gram zat terlarut B yang sukar menguap dan 200 gram zat pelarut A. Pada suhu tertentu, tekanan uap larutan adalah 434,10 mmHg. Jika pada suhu tersebut tekanan uap jenuh pelarut A murni sama dengan 442,20 mmHg, maka hitung massa molekul relatif zat terlarut B (Mr A = 74).

Jawab

Jumlah mol zat terlarut (B), $n_B = \frac{10}{\text{Mr B}}$ mol

Jumlah mol pelarut (A) = $\frac{200\text{ g}}{74\text{ g mol}^{-1}} = 2{,}7$ mol

$$\chi_A = \frac{n_A}{n_A + n_B} = \frac{2{,}7}{2{,}7 + \frac{10}{\text{Mr B}}} \quad \text{.....(i)}$$

$$P = P^o \times \chi_A$$

$$\chi_A = \frac{P}{P^o}$$

$$\chi_A = \frac{434{,}10\text{ mmHg}}{442{,}20\text{mmHg}} = 0{,}98 \quad \text{.....(ii)}$$

Berdasarkan persamaan (i) dan (ii) diperoleh

$$0{,}98 = \frac{2{,}7}{2{,}7 + \frac{10}{\text{Mr B}}}$$

$$2{,}7 = 0{,}98\ (2{,}7 + \frac{10}{\text{Mr B}})$$

$$2{,}7 = 2{,}646 + \frac{9{,}8}{\text{Mr B}}$$

$$\frac{9{,}8}{\text{Mr B}} = 2{,}7 - 2{,}646$$

$$\frac{9{,}8}{\text{Mr B}} = 0{,}054$$

$$0{,}054\ \text{Mr B} = 9{,}8$$

$$\text{Mr B} = \frac{9{,}8}{0{,}054}$$

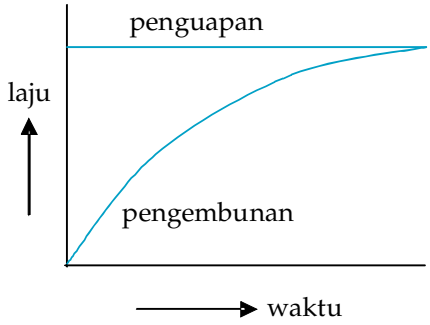
$$\text{Mr B} = 181{,}5$$

Jadi, massa molekul relatif zat terlarut adalah 181,5 g mol^{-1}.

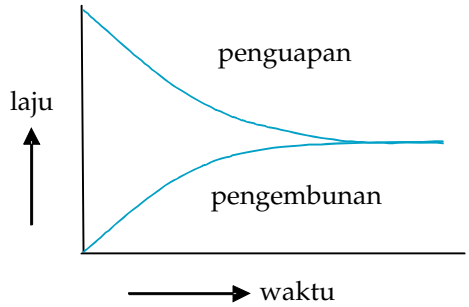
Latihan 2

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Apa yang dimaksud dengan:
 a. uap jenuh,
 b. tekanan uap jenuh,
 c. kesetimbangan dinamis,
 d. zat nonvolatil,
 e. pelarut murni,
 f. larutan ideal?
2. Jelaskan pengaruh penambahan zat terlarut terhadap tekanan uap larutan.
3. Pada suhu 20 °C, tekanan uap jenuh air adalah 17,54 mmHg, perkirakan besarnya tekanan uap air laut pada suhu yang sama? Jelaskan alasan kalian.
4. Pada suhu yang sama, mana yang mempunyai tekanan uap lebih tinggi, larutan urea 5 % atau larutan urea 10 %? Mengapa?
5. Mengapa penurunan tekanan uap termasuk ke dalam sifat koligatif larutan?
6. Bagaimana *Raoult* menyatakan hubungan antara tekanan uap jenuh larutan dengan fraksi molnya?
7. Tekanan uap jenuh air pada suhu 30 °C adalah 31,82 mmHg. Pada suhu yang sama, hitung
 a. tekanan uap jenuh larutan glukosa 20 %,
 b. tekanan uap jenuh larutan glukosa 2 molar.
8. Dalam suatu ruang tertutup, akan terjadi kesetimbangan dinamis antara zat cair dengan uap jenuhnya. Diantara dua grafik berikut, mana yang menggambarkan laju pengembunan yang benar menuju keadaan setimbang? Berikan alasan kalian.



(a)



(b)

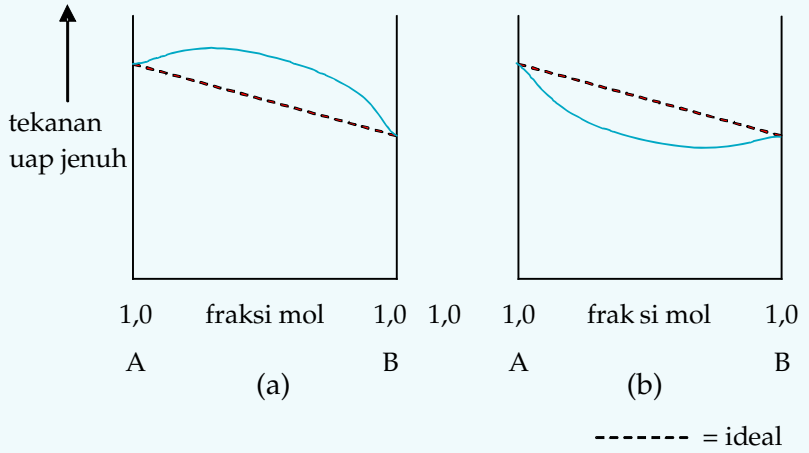
9. Suatu larutan terdiri atas 72 gram air dan 32 gram zat nonelektrolit B. Tekanan uap larutan adalah 14,4 mmHg. Jika Hukum *Raoult* berlaku, maka hitung tekanan uap jenuh pelarut murni. (Massa molekul relatif B adalah 32).
10. Tekanan uap jenuh air pada 25 °C adalah 23,76 mmHg. Pada suhu yang sama, larutan *x* glukosa dalam 90 gram air mempunyai tekanan uap 22,34 mmHg. Hitung nilai *x*.

Kegiatan Mandiri

Cari informasi selengkap mungkin dapat melalui literatur maupun internet, mengapa bisa terjadi penyimpangan positif dan negatif pada tekanan uap jenuh larutan? Tuangkan pikiran kalian dalam sebuah laporan dan komunikasikan dengan teman kalian.

Tahukah Kalian

Hukum *Raoult* berlaku untuk larutan ideal, meskipun pada umumnya larutan menyimpang dari perilaku ideal. Perhatikan gambar berikut yang menunjukkan penyimpangan dari Hukum *Raoult*.



Penyimpangan seperti ditunjukkan pada gambar di atas, dijelaskan sebagai berikut.

a. Gambar (a) menunjukkan penyimpangan positif, yaitu tekanan uap jenuh larutan lebih besar daripada nilai idealnya. Misalnya campuran alkohol dengan alkana menunjukkan penyimpangan positif.

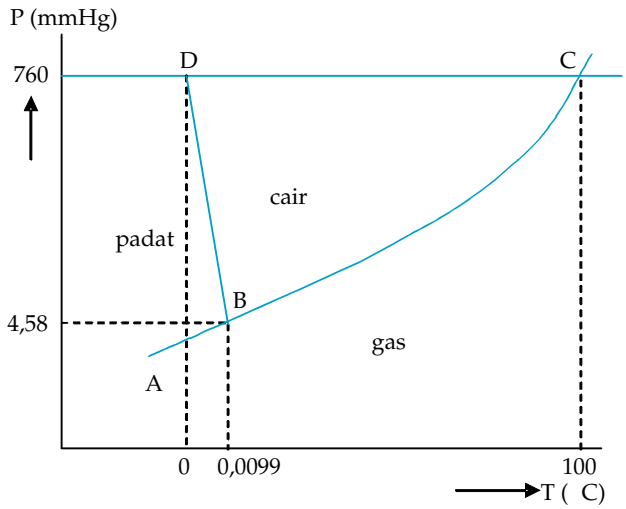
b. Gambar (b) menunjukkan penyimpangan negatif, yaitu tekanan uap jenuh larutan lebih rendah daripada nilai idealnya. Misalnya campuran aseton dengan kloroform menunjukkan penyimpangan negatif.

D. Kenaikan Titik Didih Larutan

1. Diagram *P-T*

Diagram *P-T* (seperti terlihat pada Gambar 1.6) menunjukkan plot tekanan uap terhadap suhu. Gambar 1.6 memperlihatkan diagram *P-T* untuk air. Setiap titik pada garis BC menunjukkan air akan mendidih pada kondisi suhu dan tekanan tertentu. Contoh pada tekanan 760 mmHg air mendidih pada suhu 100 °C, sedangkan pada tekanan 4,58 mmHg air akan mendidih pada

suhu 0,0099 °C. Garis BC ini kemudian dikenal sebagai garis didih. Adapun garis BD disebut garis beku, yang mana setiap titik pada garis tersebut menunjukkan kondisi (*P* dan *T*) air dapat membeku. Pada tekanan 760 mmHg air membeku pada suhu 0 °C, sedangkan pada tekanan 4,58 mmHg air membeku pada suhu 0,0099 °C. Perhatikan titik B, perpotongan antara garis didih dan garis beku. Pada titik ini, tiga fase yaitu padat, cair, dan gas berada pada kesetimbangan. Titik perpotongan ini kemudian dikenal sebagai titik tripel.



Gambar 1.6
Diagram *P*-*T* air.

2. Titik didih (T_b)

Suhu pada saat tekanan uap jenuh cairan sama dengan tekanan luarnya (tekanan pada permukaan cairan) disebut dengan titik didih. Jika tekanan uap sama dengan tekanan luar, maka gelembung uap yang terbentuk dalam cairan dapat mendorong diri ke permukaan menuju fase gas. Di permukaan air laut dengan tekanan 760 mmHg, air mendidih pada suhu 100 °C. Bagaimana jika air dididihkan di tempat paling tinggi seperti di puncak *Everest*? Apakah titik didihnya sama dengan air yang dididihkan di daerah permukaan air laut? Tentunya tidak sama, di puncak *Everest* yang merupakan tempat tertinggi di dunia, air mendidih pada suhu 71 °C. Titik didih yang diukur pada tekanan 760 mmHg disebut titik didih normal (titik didih pada 760 mmHg). Titik didih normal air adalah 100 °C.

Ingat Kembali

b kependekan dari boiling, yang artinya mendidih.

3. Kenaikan titik didih larutan (ΔT_b)

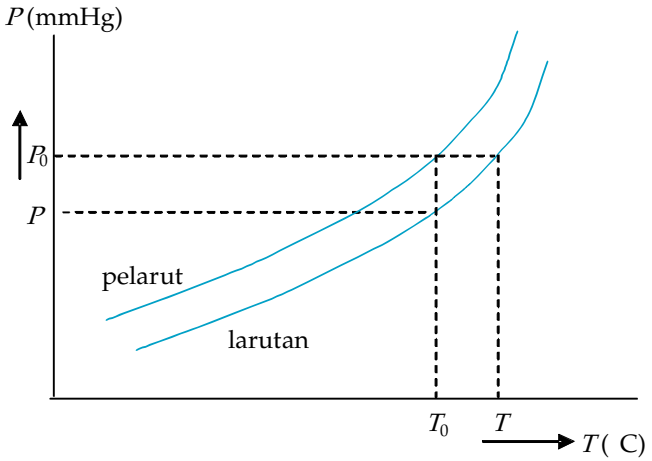
Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa zat cair akan mendidih jika tekanan uap jenuh zat cair tersebut sama dengan tekanan udara di sekitarnya. Jika air murni dipanaskan pada tekanan 1 atm (760 mmHg), maka air akan mendidih pada suhu 100 °C. Jika pada suhu yang sama dilarutkan gula, maka tekanan uap air akan turun. Jika semakin banyak gula yang dilarutkan, maka makin banyak penurunan tekanan uapnya. Hal ini mengakibatkan larutan gula belum mendidih pada suhu 100 °C. Agar larutan gula cepat mendidih, diperlukan suhu yang cukup tinggi, sehingga tekanan uap jenuhnya sama dengan tekanan uap di sekitarnya. Selisih antara titik didih larutan dengan titik didih pelarut murni disebut **kenaikan titik didih (ΔT_b)**.

$$\Delta T_b = T_b \text{ larutan} - T_b \text{ pelarut}$$
$$= T_b - T_b^0$$

dengan T_b larutan (T_b) = titik didih larutan (C)
T_b pelarut (T_b^0) = titik didih pelarut (C)
ΔT_b = kenaikan titik didih (C)

Perhatikan Gambar 1.7, pada setiap saat P selalu lebih kecil dari P, sehingga grafik tekanan uap larutan selalu ada di bawah pelarut dan titik didih larutan akan lebih tinggi dari pelarut murninya.

Gambar 1.7
Diagram P-T pelarut dan larutan.



Kenaikan titik didih hanya tergantung pada jenis pelarut dan molaritas larutan, tidak tergantung pada jenis zat terlarut. Untuk larutan encer, hubungan antara kenaikan titik didih dengan molaritas larutan dinyatakan sebagai berikut.

$$\Delta T_b = m \times K_b$$

dengan ΔT_b = kenaikan titik didih(C)
m = molalitas larutan (molal)
K_b = tetapan kenaikan titik didih molal(C molal^{-1})

Tetapan kenaikan titik didih molal adalah nilai kenaikan titik didih jika molaritas larutan sebesar 1 molal. Harga K_b ini tergantung pada jenis pelarut. Harga K_b dari beberapa pelarut diberikan pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2. K_b untuk beberapa pelarut

Pelarut	Titik Didih (°C)	K_b C molal^{-1}
Air	100	0,52
Aseton	56,5	1,72
Etanol	78,4	1,2
Benzena	80,1	2,52
Etil eter	34,6	2,11
Asam asetat	118,3	3,07
Kloroform	61,2	3,63

Sumber: General chemistry, Hill J. W, Petrucci R. H, Mc Creary T. W, dan Perry S. S

Kegiatan Mandiri

Buat diagram *P-T* untuk air berdasarkan data pada Tabel 1.2 dengan sebaik mungkin. Jelaskan maksud diagram tersebut dan komunikasikan dengan teman kalian.

Contoh

1. Tentukan kenaikan titik didih larutan gula 0,2 molal jika K_b air = 0,52 C molal^{-1}.

Jawab

Larutan gula 0,2 molal.
$\Delta T_b = m \times K_b$
= 0,2 molal × 0,52 C molal^{-1}
= 0,104 C
Jadi, titik didih larutan gula tersebut adalah 0,104 °C.

2. Berapa titik didih dari 3,6 glukosa dalam 250 gram benzena, jika titik didih benzena 80,1 °C dan K_b = 2,52 C molal^{-1}?

Jawab

Larutan 3,6 gram glukosa dalam 250 gram benzena.
$\Delta T_b = m \times K_b$

$$m = \frac{\text{jumlah mol zat terlarut}}{\text{massa (kg) pelarut}}$$

$$\text{Jumlah mol zat} = \frac{\text{massa zat}}{\text{Mr}}$$

massa g dikonversikan ke kg menjadi $\frac{P\text{gram}}{1000}$, maka

$$m = \frac{\frac{\text{massa zat}}{\text{Mr}}}{\frac{p}{1000}} = \frac{\text{massa zat}}{\text{Mr}} \times \frac{1000}{P}$$

$$= \frac{3{,}6\text{ g}}{180\text{ g mol}^{-1}} \times \frac{1000}{250}\text{ kg}^{-1} = 0{,}08\text{ molal}$$

$\Delta T_b = m \times K_b$
$= 0{,}08\text{ molal} \times 2{,}52\text{ C molal}^{-1}$
$= 0{,}2016\text{ C}$

Titik didih larutan = titik didih pelarut + ΔT_b
$= 80{,}1\text{ C} + 0{,}2016\text{ C}$
$= 80{,}3016\text{ C}$

Jadi, titik didih larutan tersebut adalah 80,3016 °C.

3. Suatu zat nonelektrolit yang massanya 3,42 gram dilarutkan dalam 200 gram air. Larutan itu mendidih pada suhu 100,026 °C. Tentukan massa molekul zat tersebut jika K_b air = 0,52 C molal^{-1}.

Jawab

ΔT_b = titik didih larutan − titik didih pelarut
$= 100{,}026\text{ C} - 100\text{ C}$
$= 0{,}026\text{ C}$

$\Delta T_b = m \times K_b$

$$\Delta T_b = \frac{\text{massa zat}}{\text{Mr}} \times \frac{1000}{P} \times K_b$$

$$0{,}026\text{ C} = \frac{3{,}42\text{ g}}{\text{Mr}} \times 5\text{ kg}^{-1} \times 0{,}52\text{ C molal}^{-1}$$

$$0{,}026 = \frac{8{,}892}{\text{Mr}}$$

$$\text{Mr} = \frac{8{,}892}{0{,}026}\text{ g mol}^{-1}$$

$$\text{Mr} = 3{,}42\text{ g mol}^{-1}$$

Jadi, massa molekul relatif zat nonelektrolit tersebut adalah 3,42 g mol^{-1}.

Aktivitas Kimia

Mempelajari pengaruh zat terlarut terhadap titik didih larutan

Alat

- beker gelas
- termometer
- pembakar bunsen
- pengaduk
- kaki tiga

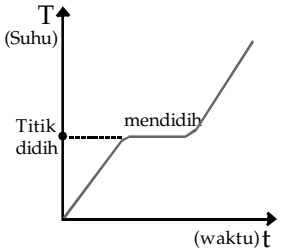
Bahan

- air suling
- garam dapur
- gula pasir

Cara kerja

1. Masukkan masing-masing 100 mL air suling ke dalam 3 beker gelas berbeda. Beri nomor masing-masing beker gelas.
2. Tambahkan 2 gram gula pasir pada beker gelas 1 dan 2 gram garam dapur dalam beker gelas 2.
3. Panaskan ketiga beker tersebut dalam 3 pembakar yang berbeda.
4. Siapkan termometer
5. Amati dan catat di buku kerja kalian, pada suhu berapa ketiga larutan tersebut mendidih.

catatan: Larutan dikatakan mendidih ketika suhu larutan tersebut sudah tidak berubah lagi. Suhu tersebut merupakan titik didih. Jika digambar grafiknya seperti gambar di samping.



6. Lakukan kegiatan yang sama dengan massa gula pasir dan garam dapur sebanyak 3 gram.

Hasil pengamatan

Buat dan lengkapi tabel di bawah ini pada buku kerja kalian.

Larutan	Titik didih
Air suling	
Air suling + 2 gram gula	
Air suling + 2 gram garam dapur	
Air suling + 3 gram gula	
Air suling + 3 gram garam dapur	

Evaluasi dan kesimpulan

Kerjakan di buku kerja kalian.

1. Hitung molalitas masing-masing larutan dalam aktivitas kimia.
2. Bagaimana titik didih larutan dibandingkan dengan pelarut murni?
3. Bagaimana pengaruh molalitas terhadap titik didih larutan?
4. Pada molalitas yang sama, bagaimana gula pasir dibandingkan dengan garam dapur terhadap titik didih larutan? Jelaskan mengapa demikian.
5. Kesimpulan apa yang kalian dapatkan dari aktivitas ini dan diskusikan dengan teman kalian.

Latihan 3

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Berapa titik tripel air?
2. Berdasarkan diagram *P-T* yang telah kalian buat, berapa titik didih air jika
 a. tekanan udara 100 mmHg,
 b. tekanan udara 55 mmHg,
 c. tekanan udara 500 mmHg.
3. Bagaimana hubungan tekanan dengan titik didih larutan?
4. Mana yang mempunyai titik didih lebih rendah, air murni, atau air laut?
5. Berapa titik didih larutan 6,4 gram glukosa dalam 100 gram benzena?
6. Tentukan titik didih larutan urea 1 molal pada tekanan 1 atm.
7. Berapa kenaikan titik didih larutan glukosa 30%?
8. Larutan 4 gram zat B dalam 100 gram benzena menimbulkan kenaikan titik didih sebesar 0,56 °C. Jika K_b benzena = 2,52 C molal^{-1}, maka tentukan massa molekul relatif zat B tersebut.
9. Di suatu daerah, air mendidih pada suhu 92 °C. Jika tekanan uap air jenuh pada suhu tersebut adalah 567 mmHg.
 a. Berapa tekanan udara rata-rata di daerah tersebut?
 b. Berapa gram urea harus dilarutkan dalam 1 kg air agar mendidih pada suhu 100 °C?
10. Untuk menentukan rumus molekul belerang S_n, dilarutkan 5,5 gram belerang dalam 350 mL CS_2. Titik didih pelarut adalah 46,13 °C dan titik didih larutan 46,33 °C. Jika K_b = 2,34 C molal^{-1} ; maka hitung nilai *n*.

E. Penurunan Titik Beku Larutan (ΔT_f)

1. Titik beku (T_f)

Kalian telah belajar titik didih larutan pada penjelasan sebelumnya. Bagaimana dengan titik beku larutan, dapatkah kalian menjelaskannya? Untuk dapat menjawabnya dapat kalian perhatikan penjelasan berikut.

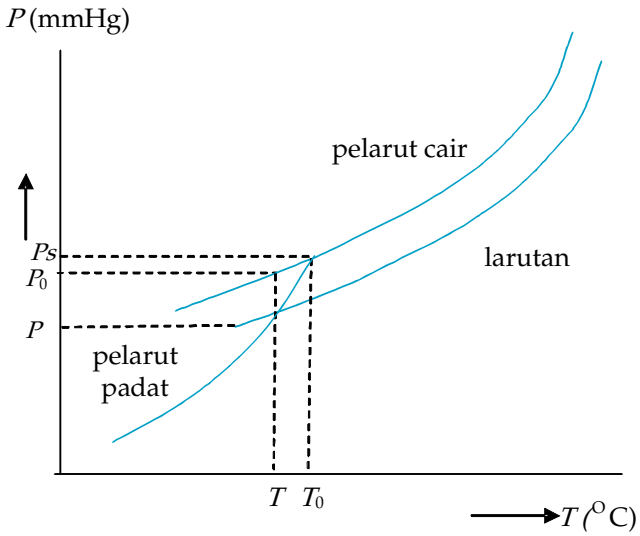
Titik beku larutan adalah suhu pada saat tekanan uap cairan sama dengan tekanan uap padatannya. Tekanan luar tidak terlalu berpengaruh pada titik beku.Pada tekanan 760 mmHg, air membeku pada suhu 0 °C, sedangkan pada tekanan 4,58 mmHg air akan membeku pada suhu 0,0099 °C.

2. Penurunan titik beku

Larutan akan membeku pada suhu yang lebih rendah dari pelarutnya. Perhatikan Gambar 1.8, apa yang dapat kalian jelaskan. Pada setiap saat tekanan uap larutan selalu lebih rendah daripada pelarut murni. Ini berarti penurunan tekanan uap jenuh menyebabkan penurunan titik beku larutan.

$$\Delta T_f = T_f \text{ pelarut} - T_f \text{ larutan}$$
$$= T_f - T_f^0$$

dengan T_f pelarut (T_f^0) = titik beku pelarut(C)
T_f larutan (T_f) = titik beku larutan(C)



Gambar 1.8
Diagram P-T larutan dan pelarut.

Hubungan antara penurunan titik beku dengan molalitas larutan dirumuskan sebagai berikut.

$$\Delta T_f = m \times K_f$$

dengan m = molalitas larutan (molal)
K_f = tetapan penurunan titik beku molal(C $molal^{-1}$)

Beberapa harga tetapan penurunan titik beku molal pelarut diberikan pada Tabel 1.3.

Tabel 1.3. K_f untuk beberapa pelarut.

Pelarut	Titik Beku (°C)	K_f (°C $molal^{-1}$)
Air	0	1,86
Kamper	178,4	37,7
Fenol	42	7,27
Benzena	5,45	5,07
Sikloheksana	6,5	20
Asam asetat	16,6	3,57

Sumber: General chemistry, Hill J. W, Petrucci R. H, Mc Creary T. W, dan Perry S. S

Contoh

Tentukan titik beku larutan glukosa 9 gram glukosa dalam 300 gram air, K_f air = 1,86 °C $molal^{-1}$.

Jawab

$$\text{Jumlah mol glukosa} = \frac{9\text{ g}}{180\text{ g mol}^{-1}} = 0{,}05\text{ mol}$$

$$\text{Molalitas larutan, } m = \frac{0{,}05\text{ mol}}{0{,}3\text{ kg}}$$

$$= 0{,}17\text{ molal}$$

$\Delta T_f = m \times K_f$
$= 0{,}17\text{ molal} \times 1{,}86\text{ °C molal}^{-1}$
$= 0{,}3162\text{ °C}$

Titik beku larutan = titik didih pelarut $- \Delta T_f$
$= 0 - 0{,}3162\text{ °C}$
$= - 0{,}3162\text{ °C}$

Jadi, titik beku larutan tersebut adalah − 0,3162 °C.

Latihan 4

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Bagaimana hubungan penurunan titik beku dengan molaritas larutan?
2. Hitung titik beku larutan glikol 10 % massa jika Mr glikol = 62.
3. Tentukan titik beku air jika 10 g urea dilarutkan dalam 200 g air.
4. Tentukan titik beku larutan jika terdapat 0,025 mol zat terlarut dalam 250 g air.
5. Suatu campuran terdiri atas 3 gram urea yang dilarutkan dalam 500 gram air dan 10,26 gram gula yang dilarutkan dalam 300 gram air. Berapa penurunan titik beku campuran tersebut?

Tahukah Kalian



Sumber: Dokumentasi Penerbit

Penurunan titik beku dan kenaikan titik didih banyak diaplikasikan dalam kehidupan kita sehari-hari. Sebagai contoh penggunaan etilen glikol ($HOCH_2CH_2OH$) sebagai anti beku pada sistem pendingin kendaraan bermotor. Air pendingin radiator kendaraan bermotor akan mendidih ketika mesin terlalu panas disaat musim panas dan akan membeku pada saat musim dingin. Penambahan anti beku akan menaikan titik didih dan menurunkan titik beku. Dengan perbandingan yang tepat antara etilen glikol dan air akan melindungi air pendingin radiator kendaraan bermotor hingga suhu –48 ^oC sampai 113 ^oC.



Aktivitas Kimia

Bagaimana penambahan zat terlarut menurunkan titik beku?

Alat

- tabung reaksi
- termometer
- pengaduk
- stop watch
- kaca arloji
- penjepit tabung
- pembakar bunsen

Bahan

- kapur barus

Cara kerja

1. Masukkan 3,5 gram serbuk kapur barus dalam tabung reaksi.
2. Dengan penjepit, panaskan kapur barus di atas api bunsen hingga melebur.
3. Letakkan termometer pada tabung reaksi dengan bolanya berada dalam kapur barus cair. Gunakan pengaduk untuk menghindari pendinginan.
4. Baca dan catat suhu setiap 30 detik (lakukan sampai 10 menit atau 20 data)

Hasil pengamatan

Buat dan lengkapi tabel di bawah ini di buku kerja kalian.

No	Detik Ke.	Suhu
1	30	
2	60	
3	120	
Dst	dst	

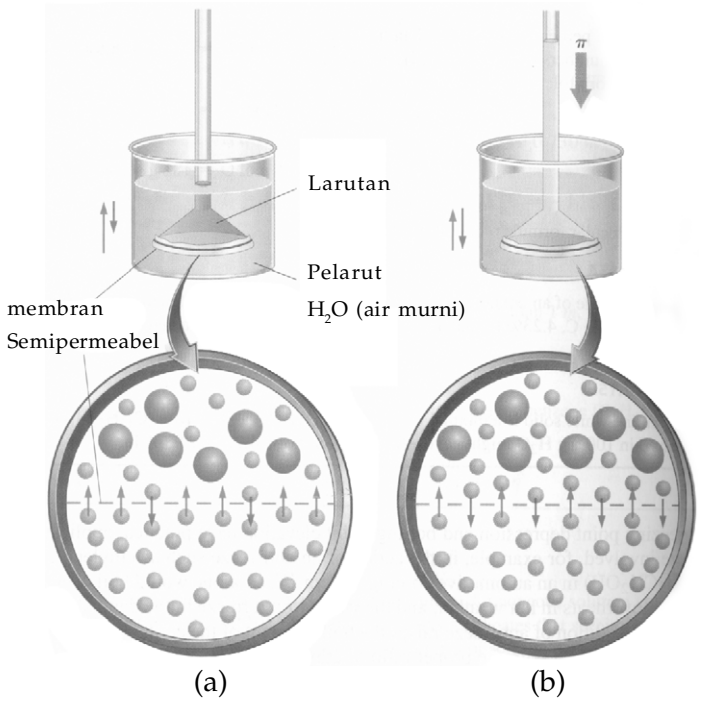
Evaluasi dan kesimpulan

Kerjakan di buku kerja kalian.

1. Buat grafik antara suhu dengan waktu, dengan suhu sebagai ordinat dan waktu sebagai absis.
2. Berapa titik beku kapur barus?
3. Buat kesimpulan berdasarkan apa yang telah kalian lakukan dan diskusikan dengan teman kalian.

F. Tekanan Osmosis

Apabila dua jenis larutan yang berbeda kmolarannya dipisahkan oleh suatu membran semipermeabel, apa yang terjadi? Coba kalian perhatikan Gambar 1.9. Pada gambar terlihat adanya aliran molekul-molekul pelarut dari larutan yang lebih encer ke dalam larutan yang lebih pekat. **Membran semipermeabel** adalah membran yang hanya dapat dilewati oleh molekul-molekul pelarut, tetapi tidak dapat dilewati oleh molekul-molekul zat terlarut. Proses merembesnya pelarut ke dalam larutan atau dari larutan yang lebih encer, ke dalam larutan yang lebih pekat melalui membran semipermeabel disebut osmosis (a).



Gambar 1.9
Dua larutan yang berbeda molaritas dipisah melewati membran semipermeabel.

Sumber: General Chemistry, Hill J.W, Petrucci R. H, McCreary T.W, dan Perry S.S.

Akibat aliran molekul pelarut ke larutan yang lebih pekat, maka terjadi perbedaan tekanan pada membran, hal ini menyebabkan ketinggian larutan yang lebih pekat naik (b). Untuk mencegah osmosis ini, harus diberikan suatu tekanan pada permukaan larutan. Tekanan yang diperlukan untuk menghentikan aliran pelarut dari pelarut murni menuju larutan disebut tekanan osmosis. Contoh tekanan osmosis sukrosa pada berbagai suhu diberikan pada Tabel. 1.4.

Tokoh Kita



Jacobus Henricus Van't Hoff (1852-1911) menerima hadiah Nobel pertama kali dalam bidang kimia pada tahun 1901 atas prestasinya tentang sifat-sifat fisik larutan. Pada umur 22 tahun beliau mengajukan (bersama-sama *Joseph Le Bel* ahli kimia Perancis) bentuk geometri tetrahedral untuk senyawa karbon seperti CH_4.

Sumber: General Chemistry, Hill J.W, Petrucci R. H, McCreary T.W, dan Perry S.S.

Tabel 1.4. Tekanan osmosis larutan 1 % sukrosa pada berbagai suhu.

No	Suhu (^oK)	π (atm)
1	273	0,649
2	279,8	0,664
3	286,7	0,691
4	288,5	0,684
5	295,0	0,721
6	305,0	0,716
7	309,0	0,746

Sumber: General Chemistry, Hill J.W, Petrucci R. H, McCreary T.W, dan Perry S.S.

Harga tekanan osmosis hanya tergantung pada molaritas dan bukan pada jenis partikel zat terlarut sehingga tekanan osmosis termasuk ke dalam sifat koligatif larutan. Menurut *Van't Hoff*, tekanan osmosis larutan-larutan encer dapat ditentukan dengan rumus yang serupa dengan persamaan gas ideal, yaitu

$$\pi V = nRT$$

dapat pula dituliskan dengan

$$\pi = \frac{n}{V} RT$$

dengan π = tekanan osmosis (atm)
V = volume larutan (L)
n = jumlah mol zat terlarut (mol)
T = suhu larutan (K)
R = tetapan gas (0,08205 L atm mol^{-1} K^{-1})

Jika $\frac{n}{V}$ dinyatakan sebagai molaritas larutan (M), maka persamaan di atas dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\pi = MRT$$

Contoh

1. Berapa tekanan osmosis larutan urea yang dibuat dengan melarutkan 6 gram urea dalam 100 mL air pada suhu 27 ^oC?

Jawab

$$\text{Jumlah mol urea } (n) = \frac{\text{massa zat}}{\text{Mr urea}}$$

$$= \frac{6\,\text{g}}{60\,\text{g mol}^{-1}} = 0{,}1 \text{ mol}$$

$$\pi = \frac{n}{V} RT$$

$$\pi = \frac{0{,}1\,\text{mol}}{0{,}1\,\text{L}} \times 0{,}08205 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 300 \text{ K}$$

$$= 24{,}615 \text{ atm}$$

Jadi, tekanan osmosis larutan urea adalah 24,615 atm.

2. Larutkan 2 gram zat B dalam 500 mL larutan yang mempunyai tekanan osmosis 25 atm pada suhu 25 °C. Tentukan massa molekul relatif zat *B* tersebut.

Jawab

$$\pi = MRT$$

$$25 = M \times 0{,}08205 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 298 \text{ K}$$

$$M = \frac{25}{24{,}4509} = 1{,}022 \text{ mol L}^{-1}$$

$$M = \frac{n}{V}$$

$$1{,}022 \text{ mol L}^{-1} = \frac{n}{0{,}5 \text{ L}}$$

$$n = 0{,}511 \text{ mol}$$

$$n = \frac{\text{massa}}{\text{Mr}}$$

$$\text{Mr} = \frac{\text{massa}}{n}$$

$$\text{Mr} = \frac{2 \text{ gram}}{0{,}511 \text{ mol}}$$

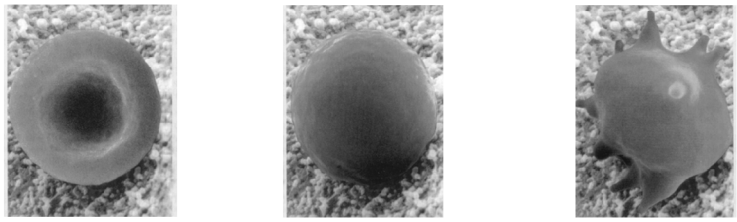
$$\text{Mr} = 3{,}91 \text{ gram mol}^{-1}$$

Jadi, massa molekul relatif zat *B* adalah 3,91 gram mol^{-1}

Dalam tubuh makhluk hidup juga dapat ditemui proses osmosis. Salah satunya yang terjadi pada sel darah merah. Dinding sel darah merah mempunyai ketebalan sekitar 10 nm

dan pori dengan diameter 0,8 nm. Molekul air berukuran kurang dari setengah diameter tersebut sehingga dapat melewatinya dengan mudah. Meskipun ion K^+ yang terdapat dalam jaringan juga berukuran lebih kecil dari pori dinding sel, tetapi ion tersebut ditolak karena dinding sel juga bermuatan positif. Dari sini dapat disimpulkan bahwa selain faktor ukuran partikel juga dapat menentukan partikel mana yang dapat melalui sebuah membran permeabel.

Gambar 1.10
Sel darah merah dalam larutan
a. isotonik,
b. hipotonik,
c. hipertonik.



Sumber: General Chemistry, Hill J.W, Petrucci R.H, Mc Creary T.W, dan Perry S.S

(a) (b) (c)

Cairan dalam sel darah merah mempunyai tekanan osmosis yang sama dengan larutan NaCl 0,9 %. Larutan yang mempunyai tekanan osmosis yang sama disebut **isotonik,** sedangkan larutan yang mempunyai tekanan osmosis yang lebih rendah disebut **hipotonik**. Hal ini akan terjadi ketika sel darah merah dimasukkan ke dalam larutan NaCl yang lebih encer dari 0,9 % yang mengakibatkan air masuk ke dalam sel dan sel akan menggembung. Bagaimana dengan sebaliknya? Jika sel darah merah dimasukkan ke dalam larutan NaCl yang lebih pekat dari 0,9 %, maka air akan keluar dari dalam sel sehingga sel akan mengerut. Hal ini mengakibatkan tekanan osmosis larutan menjadi lebih besar. Larutan yang mempunyai tekanan osmosis lebih tinggi disebut **hipertonik**.

Kegiatan Mandiri

Rancang dan lakukan suatu kegiatan untuk menunjukkan dan mempelajari pentingnya osmosis dalam kehidupan manusia.

Contoh

Tentukan massa molekul relatif zat nonelektrolit A, jika 0,9 g zat tersebut dilarutkan dalam 100 mL air. Larutan tersebut isotonik dengan 3,42 gram gula tebu (Mr = 342) dalam 200 mL pada suhu yang sama.

Jawab

Larutan isotonik berarti $\pi_A = \pi_{gula}$

$$\frac{\text{massa A}}{\text{Mr A}} \times \frac{1000}{V} RT = \frac{\text{massa gula}}{\text{Mr gula}} \times \frac{1000}{V} RT$$

$$\frac{0,9}{\text{Mr A}} \times \frac{1000}{100} RT = \frac{3,42}{342} \times \frac{1000}{100} RT$$

$$\frac{9}{\text{MrA}} = 0,05$$

$$\text{Mr A} = 180$$

Jadi, massa molekul relatif zat A adalah 180 g mol^{-1}.

Latihan 5

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Apa yang dimaksud dengan osmosis?
2. Kapan tekanan osmosis terjadi?
3. Tentukan tekanan osmosis dari 2 liter larutan urea 10 %.
4. Berapa tekanan osmosis larutan yang dibuat dengan melarutkan 6 gram glukosa dalam air?
5. Sebanyak 12 gram zat X dilarutkan dalam air, sehingga volume larutan menjadi 500 mL. Tekanan osmosis larutan pada 30 °C adalah 3,14 atm. Berapa massa molekul relatif zat X?
6. Tekanan osmosis suatu larutan pada suhu 20 °C adalah 190 mmHg. Berapa gram gula yang harus dilarutkan dalam 500 mL larutan itu?
7. Tekanan osmosis suatu larutan 1,6 g zat B dalam 400 mL larutan pada suhu 27 °C adalah 122,4 cmHg. Tentukan massa molekul relatif zat B.
8. Suatu zat Y memiliki massa molekul relatif 500 g mol^{-1}, 5 gram zat Y dilarutkan dalam 500 mL larutan dengan tekanan osmosis 38 cmHg. Pada suhu berapa reaksi itu berlangsung?
9. Tekanan osmosis darah pada 37 °C adalah 7,7 atm. Berapa gram glukosa diperlukan untuk membuat larutan yang isotonik dengan darah?
10. Pada suhu 25 °C, 1,8 gram zat X dalam 100 mL air isotonik dengan larutan glukosa 0,5 molar. Tentukan massa molekul relatif zat X.

Tahukah Kalian

Untuk menyuntikan suatu larutan ke dalam aliran darah harus memperhatikan tekanan osmosis larutan itu. Tekanan osmosis rata-rata darah berkisar pada 7,7 atm (naik setelah makan dan kemudian turun lagi).



Sumber: Dokumentasi Penerbit

Jika sel darah merah dicampurkan dalam larutan yang lebih tinggi tekanan osmosisnya, sel akan mengkerut dan mengendap. Sedangkan jika sel darah dalam larutan yang tekanan osmosisnya lebih rendah, sel akan membengkak sampai dinding selnya pecah. Dengan demikian, tekanan osmosis larutan injeksi harus disesuaikan agar dapat bercampur dengan darah dan tidak membahayakan.

G. Sifat Koligatif Larutan Elektrolit

1. Elektrolit

Elektrolit ialah zat yang larutannya dalam air atau leburannya dapat menghantarkan aliran listrik. Berdasarkan derajat ionisasinya, elektrolit digolongkan menjadi tiga, yaitu

a. *Elektrolit kuat*, elektrolit yang dalam air terurai sempurna. Contoh HNO_3, HCl, H_2SO_4, NaOH, dan $MgCl_2$.
b. *Elektrolit lemah*, elektrolit yang dalam air terurai sangat sedikit, seperti asam-asam organik (asam propionat dan asam benzoat), HCN, NH_4OH, dan HClO.
c. *Elektrolit* yang terletak antara a dan b, seperti o-klorobenzoat, o-nitro benzoat, dan asam siano asetat.

2. Sifat koligatif larutan elektrolit

Berdasarkan eksperimen, larutan elektrolit juga menunjukkan sifat-sifat koligatif. Larutan elektrolit memberikan sifat koligatif yang lebih besar dari larutan nonelektrolit pada molaritas yang sama.

Untuk larutan encer, seperti sifat-sifat koligatif larutan elektrolit HCl dan NH_4Cl mempunyai 2 lebih besar daripada yang diperhitungkan menurut rumus untuk larutan nonelektrolit. Mengapa larutan elektrolit mempunyai sifat koligatif yang lebih besar dari larutan nonelektrolit? Karena kemampuannya terurai sebagian atau seluruhnya menjadi ion-ion dalam larutan, Sehingga untuk molaritas yang sama larutan elektrolit mengandung jumlah partikel yang lebih banyak daripada larutan nonelektrolit. *Van't*

Hoff menggunakan faktor *i* untuk menyatakan hubungan sifat koligatif larutan elektrolit dan nonelektrolit.

$$i = \frac{\text{sifat koligatif larutan elektrolit dengan konsentrasi molal}}{\text{sifat koligatif larutan non elektrolit dengan konsentrasi molal}}$$

Sebagai contoh, sifat koligatif untuk penurunan titik beku NaCl 0,01 molal sebagai berikut.

$$\text{Harga } i \text{ NaCl 0,01 molal} = \frac{\Delta T_f \text{ larutan NaCl 0,01 molal}}{\Delta T_f \text{ larutan urea 0,01 molal}}$$

$$= \frac{0{,}0359\ ^\circ\text{C}}{0{,}0186\ ^\circ\text{C}}$$

$$= 1{,}93$$

Tabel 1.5 memperlihatkan harga *i* untuk penurunan titik beku larutan elektrolit dalam berbagai konsentrasi.

Tabel 1.5 Harga *i* untuk penurunan titik beku larutan elektrolit.

Elektrolit	0,1 molal	0,01 molal	0,005 molal
NaCl	1,87	1,93	1,94
KCl	1,86	1,94	1,96
$MgSO_4$	1,42	1,62	1,69
K_2SO_4	2,46	2,77	2,86
HCl	1,91	1,97	1,99
H_2SO_4	2,22	2,59	2,72
CH_3COOH	1,01	1,05	1,06

Sumber: General Chemistry, Hill J. W, Petrucci R.H, Mc Creary T.W, dan Perry S.S

Harga *i* di atas ditetapkan secara eksperimen untuk tiap jenis elektrolit pada berbagai molaritas. Sekali *i* ditentukan, maka *i* dapat digunakan untuk menghitung sifat koligatif yang lain dengan memakai hubungan

$$i = \frac{\Delta T_f}{\Delta T_f^\circ} = \frac{\Delta T_b}{\Delta T_b^\circ} = \frac{\Delta P}{\Delta P^\circ} = \frac{\pi}{\pi^\circ}$$

Simbol (°) merupakan simbol sifat koligatif untuk larutan elektrolit. Dengan memasukkan nilai *i*, maka rumus-rumus sifat koligatif larutan elektrolit menjadi



Larutan elektrolit memiliki perubahan sifat koligatif lebih besar dari larutan nonelektrolit, karena larutan elektrolit dalam larutan berubah menjadi ion-ion yang menambah jumlah partikel.

$$\Delta T_f = K_f \times m \times i$$
$$\Delta T_b = K_b \times m \times i$$
$$\pi = MRT \times i$$

Sifat koligatif hanya tergantung pada jumlah partikel zat terlarut dan bukan pada jenis zat, sehingga dapat dipastikan bahwa semakin banyak jumlah ion yang berada dalam larutan, nilai *i* akan semakin besar. Dengan demikian harga *i* berbanding lurus dengan jumlah ion yang ada dalam larutan. Konsekuensinya, faktor *Van't Hoff i* dapat pula dituliskan sebagai berikut.

$$i = \frac{\text{jumlah partikel sebenarnya dalam larutan}}{\text{jumlah partikel sebelum ionisasi}}$$

a. Nilai i elektrolit lemah

Elektrolit lemah yang tidak terionisasi dengan sempurna, nilai *i*-nya dapat ditinjau dari derajat ionisasinya. Jika dalam larutan terdapat *n* molekul elektrolit AB, maka α merupakan derajat ionisasi dan akan terjadi kesetimbangan berikut.

	A_xB_y	$\rightarrow$	xA^{y+}	+	yB^{x-}
mula-mula :	n mol		-		-
setimbang :	$(1-\alpha)\ n$ mol		$x \cdot n \cdot \alpha$ mol		$y \cdot n \cdot \alpha$ mol

sehingga *i* bisa dirumuskan

$$i = \frac{(1-\alpha)n + xn\alpha + yn\alpha}{n}$$
$$i = \frac{n\left[(1-\alpha) + x\alpha + y\alpha\right]}{n}$$

$i = (1 - \alpha) + \alpha (x + y)$, jika $(x + y)$ disimbolkan dengan z, maka

$i = 1 - \alpha + \alpha z$

$$i = 1 + (z - 1)\alpha$$

Ingat Kembali

Simbol operasi kali (×) dapat diganti dengan simbol titik dengan posisi di tengah (·).

Dengan demikian derajat ionisasi dapat pula dirumuskan, sebagai berikut.

$$\alpha = \frac{i-1}{z-1}$$

dengan α = derajat ionisasi
i = faktor *Van't Hoff*
z = jumlah ion hasil ionisasi 1 molekul elektrolit

b. Nilai *i* elektrolit kuat

Jika elektrolit kuat terionisasi sempurna, maka derajat ionisasinya adalah 1.

Sehingga nilai *i* menjadi:

$$i = 1 + (z - 1)$$

perhatikan contoh ionisasi elektrolit kuat berikut.

$1\ \text{mol NaCl} \rightarrow 1\ \text{mol } Na^{+} + 1\ \text{mol } Cl^{-} \quad z = 2$
$1\ \text{mol } CaCl_2 \rightarrow 1\ \text{mol } Ca^{2+} + 2\ \text{mol } Cl^{2-} \quad z = 3$
$1\ \text{mol } AlCl_3 \rightarrow 1\ \text{mol } Al^{3+} + 3\ \text{mol } Cl^{1-} \quad z = 4$

nilai *i* untuk NaCl adalah $i = 1 + (2 - 1) = 2$
nilai *i* untuk $CaCl_2$ adalah $i = 1 + (3 - 1) = 3$
nilai *i* untuk $AlCl_3$ adalah $i = 1 + (4 - 1) = 4$

Dari contoh di atas apa yang dapat kalian simpulkan? Nilai *i* untuk elektrolit kuat yang terionisasi sempurna identik dengan jumlah ion positif dan ion negatif yang terionisasi.

Contoh

1. Hitung kenaikan titik didih larutan aluminium sulfat 2 molal, jika derajat ionisasinya 0,9 (K_b = 0,52 C molal^{-1}).

Jawab

$Al_2(SO_4)_3 \rightarrow 2\ \text{mol } Al^{3+} + 3\ \text{mol } SO_4^{2-}$
$z = 5$
$i = 1 + (z - 1)\ \alpha$
$= 1 + (5 - 1)\ 0{,}9$
$= 1 + 3{,}6$
$= 4{,}6$
$\Delta T_b = K_b \times m \times i$
$= 0{,}52\ \text{C molal}^{-1} \times 0{,}2\ \text{molal} \times 4{,}6$
$= 0{,}4784\ ^{o}\text{C}$

Jadi, kenaikan titik didih (ΔT_b) larutan alumunium sulfat 0,4784 ^{o}C.

2. Dua gram NaOH dilarutkan dalam 200 gram air pada suhu 27 ^{o}C. Jika larutan itu terionisasi sempurna, maka tentukan:
 a. titik didih,
 b. titik beku,
 c. tekanan osmosis.

 K_b air = 0,52 C molal^{-1} dan K_f air = 1,86 C molal^{-1}

Jawab

Jumlah mol NaOH, $n = \frac{2\text{ g}}{40\text{ g mol}^{-1}} = 0{,}05$ mol

Molalitas air, $m = \frac{0{,}05\text{ mol}}{0{,}2\text{ kg}} = 0{,}25$ molal

$NaOH \rightarrow 1$ mol $Na^+ + 1$ mol OH^-

$z = 2$

$i = 1 + (z - 1)\alpha$

$= 1 + (2 - 1)\ 1 = 2$

a. $\Delta T_b = K_b \times m \times i$

$= 0{,}52\ ^\circ\text{C molal}^{-1} \times 0{,}25$ molal $\times\ 2$

$= 0{,}26\ ^\circ\text{C}$

titik didih larutan = titik didih pelarut + ΔT_b

$= 100\ ^\circ\text{C} + 0{,}26\ ^\circ\text{C}$

$= 100{,}26\ ^\circ\text{C}$

b. $\Delta T_f = K_f \times m \times i$

$= 1{,}86\ ^\circ\text{C molal}^{-1} \times 0{,}25$ molal $\times\ 2$

$= 0{,}93\ ^\circ\text{C}$

titik beku larutan = titik beku pelarut $- \Delta T_f$

$= 0 - 0{,}93\ ^\circ\text{C}$

$= -\ 0{,}93\ ^\circ\text{C}$

c. Massa jenis air adalah 1, sehingga molaritas sama dengan molalitas.

$p = MRT$

$= 0{,}25\text{ M} \times 0{,}08205\text{ L atm molal}^{-1}\text{ K}^{-1} \times 300\text{ K}$

$= 6{,}15$ atm

Jadi, titik didih, titik beku, dan tekanan osmosis larutan masing-masing sebesar 100,26 °C; – 0,93 °C; dan 6,15 atm.

3. Titik didih beku larutan $BaCl_2$ 0,6 m adalah – 0,96 °C. Jika K_f air adalah 1,86 °C molal^{-1}; maka hitung α.

Jawab

ΔT_f = titik beku pelarut − titik beku larutan

$= 0 - (-0{,}96\ ^\circ\text{C})$

$= 0 + 0{,}96\ ^\circ\text{C}$

$= 0{,}96\ ^\circ\text{C}$

$BaCl_2 \rightarrow 1$ mol $Ba^{2+} + 2$ mol Cl^-

$z = 3$, maka

$i = 1 + (z - 1)\alpha$

$= 1 + 2\alpha$

$\Delta T_f = K_f \times m \times i$

$= 0{,}6\ ^\circ\text{C molal}^{-1} \times 1{,}86$ molal $(1 + 2\alpha)$

$0{,}96\ C = 1{,}116 + 2{,}232\alpha$
$2{,}232\alpha = 0{,}156$
$\alpha = 0{,}348$

Jadi, derajat ionisasi larutan sebesar 0,348.

Tahukah Kalian

Pernahkah kalian mendengar kata air RO? Tahukah kalian apa air RO itu? Air RO merupakan air murni yang diperoleh dari proses osmosis balik (RO = re osmosis). Sebagaimana telah kalian pelajari bahwa osmosis merupakan peristiwa masuknya pelarut murni kedalam larutan yang lebih pekat melalui membran semipermeabel. Membran semipermeabel adalah membran yang hanya dapat dilalui oleh zat pelarut dan tidak dapat dilalui oleh zat terlarut. Jika proses dibalik, maka dengan memberi tekanan yang lebih besar dari tekanan osmosis, reaksi akan berjalan ke arah pelarut. Jika dalam larutan air, maka akan terjadi air murni yang dikenal dengan air RO. Sehingga air RO merupakan air yang murni.

Latihan 6

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Apa yang dimaksud dengan elektrolit? Sebutkan jenisnya dan berikan contoh.
2. Apa yang kalian ketahui tentang faktor *Van't Hoff*?
3. Bagaimana kecenderungan nilai i untuk elektrolit kuat?
4. Manakah yang memiliki titik didih lebih rendah, larutan glukosa 0,2 M atau larutan natrium hidroksida 0,2 M?
5. Berapa titik didih dan titik beku larutan 2 g $BaCl_2$ dalam 200 g air? $K_b = 0{,}52$ C molal^{-1} dan $K_f = 1{,}86$ C molal^{-1}.
6. Hitung tekanan osmosis larutan 2 gram KCl dalam 500 mL air pada suhu 25 °C.
7. Tentukan derajat ionisasi HX dalam larutan air 0,6 M. Jika tekanan osmosis larutan 3,24 atm pada 30 °C
8. Susun larutan-larutan berikut menurut kenaikan titik didihnya.
 a. CH_3COOH 0,5 molal
 b. Glukosa 0,5 molal
 c. NaOH 0,5 molal
 d. $CaCl_2$ 0,5 molal

9. Larutan 4 gram suatu elektrolit biner dalam 100 gram air membeku pada –0,98 °C. Jika derajat ionisasinya adalah 0,8, maka berapa massa molekul relatif zat tersebut?

10. Sebanyak 1,17 gram natrium klorida dilarutkan dalam 100 gram pada suhu 25 °C. Jika zat terionisasi sempurna dalam air, maka tentukan
 a. titik didih larutan,
 b. penurunan titik beku larutan,
 c. tekanan osmosis.

Ringkasan

1. Larutan merupakan campuran homogen antara zat terlarut (*solute*) dengan zat pelarut (*solven*).
2. Hubungan secara kuantitatif antara zat terlarut dengan larutan atau antara zat terlarut dengan zat pelarut dinyatakan dengan istilah konsentrasi. Konsentrasi ada beberapa macam, diantaranya molaritas (molaritas), molalitas (molalitas), fraksi mol, dan persen (%).
3. Molaritas merupakan perbandingan antara jumlah mol zat terlarut dengan volume dalam liter larutan.
4. Molalitas merupakan perbandingan antara jumlah mol zat terlarut dengan massa dalam kilogram zat pelarut.
5. Fraksi mol menyatakan perbandingan antara salah satu komponen larutan (zat terlarut atau pelarut) dengan jumlah mol total komponen dalam larutan.
6. Persentase (%) menyatakan hubungan antara bagian zat terlarut atau pelarut (dalam satuan massa atau volume) dengan jumlah total larutan dikalikan dengan 100 %.
7. Salah satu sifat larutan adalah sifat koligatif, yaitu sifat fisika yang hanya tergantung pada jumlah partikel zat terlarut dan bukan pada jenis zat terlarut. Ada empat macam sifat koligatif yang dipelajari yaitu, penurunan tekanan uap, kenaikan titik didih, penurunan titik beku, dan munculnya tekanan osmosis.

Uji Kompetensi

Sifat Koligatif Larutan

A. Jawab pertanyaan di bawah ini dengan benar pada buku latihan kalian.

1. Apa yang dimaksud dengan sifat koligatif larutan?
2. Sifat apa saja yang tergolong sifat koligatif?
3. Tentukan molaritas larutan 19 gram NaCl dalam 100 mL air.
4. Tentukan fraksi mol $BaSO_4$ dalam larutan yang mengandung 12 gram $BaSO_4$ dalam 200 mL air.
5. Fraksi mol glukosa dalam larutan adalah 0,1. Hitung molalitas dan kadar glukosa dalam larutan tersebut.
6. Tekanan uap benzena pada suhu 30 °C adalah 118,2 mmHg dan untuk toluena adalah 36,7 mmHg. Hitung tekanan uap campuran 78 gram benzena dan 184 gram toluena jika campuran tersebut dianggap ideal.
7. Pada suhu yang sama, mana yang mempunyai tekanan uap lebih tinggi, air atau alkohol?
8. Mana yang lebih cepat mendidih, merebus air di pantai atau di puncak gunung? Jelaskan.
9. Larutan urea sebanyak 100 mL mengandung 10% $CO(NH_2)_2$. Hitung titik beku larutan tersebut, jika massa jenis larutan = 1,0 kg L^{-1} dan K_f air = 1,86 °C molal^{-1}.
10. Berapa K_f larutan urea 0,1 molal yang membeku pada suhu –0,23 °C.
11. Sebanyak 100 mL asam sulfat (massa jenis 1,4 kg L^{-1}) dilarutkan dalam 100 mL air (massa jenis 1 kg L^{-1}). Tentukan molalitas dan fraksi mol H_2SO_4 dalam larutan tersebut.
12. Mengapa kenaikan titik didih termasuk sifat koligatif larutan?
13. Mana yang mempunyai titik didih lebih tinggi dan jelaskan:
 a. larutan urea 0,1 molal atau larutan urea 0,1 molar;
 b. larutan urea 0,1 molal atau larutan glukosa 0,1 molal;
 c. larutan urea 0,1 molal atau larutan natrium klorida 0,1 molal;
 d. larutan natrium klorida 0,1 molal atau larutan Na_2SO_4 0,1 molal?
14. Larutan 2 gram CH_3COOH dalam 100 gram air terionisasi 6,1%. Tentukan:
 a. nilai *i*,
 b. titik didih,
 c. penurunan titik beku,
 d. tekanan osmosis.
15. Tekanan uap jenuh air pada suhu 27 °C adalah 26,74 mmHg. Berapa tekanan uap jenuh suatu larutan 900 mg gula dalam 120 gram air?

B. Pilih salah satu jawaban yang paling tepat pada buku latihan kalian.

1. Di antara sifat larutan di bawah ini yang tidak termasuk sifat koligatif larutan adalah ….
 a. penurunan tekanan uap
 b. kenaikan titik didih
 c. kenaikan titik beku
 d. penurunan titik beku
 e. tekanan osmosis

2. Molaritas berbanding lurus dengan ….
 a. volume larutan
 b. volume pelarut
 c. massa zat terlarut
 d. massa jenis pelarut
 e. fraksi mol pelarut

3. Larutan 1 molal NaOH terbuat dari 1 mol (40 gram) NaOH dengan
 a. 1 liter air
 b. 960 gram air
 c. 1000 gram air
 d. 960 ml air
 e. air hingga volume larutan 1 liter

4. Diketahui beberapa larutan sebagai berikut.
 1. 1 mol NaOH dalam 1 liter air
 2. 1 mol urea dalam 1 liter larutan
 3. 11,7 gram NaCl dalam 2000 gram air
 4. 18 gram $C_6H_{12}O_6$ dalam 1 L larutan
 5. 0,1 mol KOH dalam 100 gram air

 Dari lima larutan di atas yang mempunyai molaritas sama adalah
 a. 2, 3, dan 5
 b. 1, 3, dan 5
 c. 2,3, dan 5
 d. 2 dan 4
 e. 1 dan 3

5. Diantara larutan berikut yang mempunyai fraksi mol terbesar adalah
 a. larutan sukrosa 30 % (Mr = 342)
 b. larutan urea 10 % (Mr = 60)
 c. larutan $MgSO_4$ 20 % (Mr = 120)
 d. larutan NaCl 10 % (Mr = 58,5)
 e. larutan glukosa 20 % (Mr = 180)

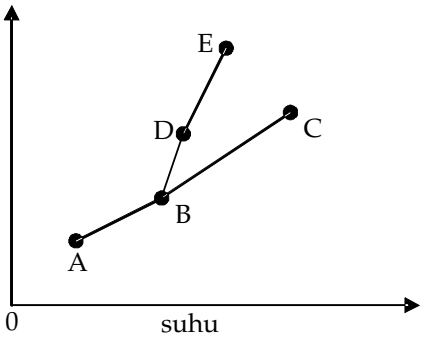
6. Sebanyak 6 gram urea dilarutkan dalam 90 gram air. Fraksi mol urea dalam larutan itu adalah
 a. 0,0164
 a. 0,02
 c. 0,0625
 d. 0,0667
 e. 1,1

7. Diketahui dua jenis larutan sebagai berikut.
 X = larutan 0,6 gram urea dalam 100 gram air (Mr urea = 60)
 Y = larutan 1,11 gram $CaCl_2$ dalam 100 gram air (Mr $CaCl_2$ = 111)
 Pernyataan berikut yang benar tentang larutan-larutan tersebut adalah
 a. larutan Y mempunyai tekanan uap lebih tinggi daripada larutan X
 b. larutan Y mempunyai titik didih lebih rendah daripada larutan X
 c. kedua larutan isotonik
 d. kedua larutan mengandung jumlah partikel terlarut yang sama banyak
 e. larutan X mempunyai titik beku lebih tinggi daripada larutan Y

8. Fraksi mol urea dalam air adalah 0,2. Tekanan uap jenuh air murni pada suhu 20 °C sebesar 17,5 mmHg. Maka tekanan uap jenuh larutan pada suhu itu adalah ... mmHg.
 a. 3,5
 b. 14
 c. 17,5
 d. 17,7
 e. 21

9. Tekanan uap jenuh air pada 29 °C adalah 30 mmHg. Pada suhu yang sama, tekanan uap larutan dari 58,5 gram NaCl (Mr = 58,5) dalam 900 gram air adalah ... mmHg.
 a. $\frac{1}{50} \times 30$
 b. $\frac{21}{51} \times 30$
 c. $\frac{2}{26} \times 30$
 d. $\frac{9}{10} \times 30$
 e. $\frac{18}{19} \times 30$

10. Gambar di bawah ini merupakan diagram *P-T* untuk suatu zat murni *X*. Pernyataan berikut yang benar adalah



 a. B adalah titik kritis zat X
 b. pada titik E, padatan X berada dalam kesetimbangan dengan uap X
 c. titik cair zat X bertambah dengan kenaikan tekanan luar
 d. pada titik C tiga fase berada dalam kesetimbangan
 e. titik didih zat *X* menurun, jika tekanan luar diperbesar.

11. Suatu larutan urea mempunyai tekanan uap 24,5 mmHg. Pada suhu yang sama air murni mempunyai tekanan uap jenuh 25 mmHg. Kadar larutan urea tersebut adalah ... (Mr urea = 60; air = 18).
 a. 2 %
 b. 2,04 %
 c. 6,4 %
 d. 6,8 %
 e. 98 %

12. Tekanan uap jenuh air murni pada 29 °C adalah 30 mmHg. Pada suhu yang sama larutan glukosa 2 molal mempunyai tekanan uap sebesar ... mmHg.
 a. 1,08
 b. 1,04
 c. 28,96
 d. 31,08
 e. 60

13. Sebanyak *x* gram suatu zat nonelektrolit dengan massa molekul relatif *M* dilarutkan dalam 100 gram pelarut. Penurunan titik beku larutan adalah sebesar ΔT, maka harga penurunan titik beku molal (K_f) pelarut itu adalah
 a. $\frac{\Delta T \times M}{10x}$
 b. $\frac{100M}{10x}$
 c. $\frac{100M}{x \times \Delta T}$
 d. $\frac{10x \times \Delta T}{M}$
 e. $\frac{1000M \times x}{\Delta T}$

14. Larutan berikut yang mempunyai titik beku terendah adalah larutan
 a. 0,1 mol urea dalam 500 gram air
 b. 0,1 gram NaCl (Mr = 58,5) dalam 1000 gram air
 c. 0,2 gram glukosa (Mr = 180) dalam 500 gram air
 d. 0,09 mol urea dalam 500 g air
 e. 1,0 gram glukosa (Mr = 180) dalam 1000 gram air

15. Titik beku larutan 0,1 M NaCl dalam air adalah –0,36 °C. Diharapkan titik beku larutan kalsium klorida ($CaCl_2$) 0,05 M dalam air adalah ... °C.
 a. –0,18
 b. –0,27
 c. –0,36
 d. –0,45
 e. –0,54

16. Jika diketahui titik beku asam asetat adalah 16,6 °C dan titik beku molalnya adalah 3,6 °C molal^{-1}. Maka titik beku larutan 12,8 gram belerang (S_8) dalam 100 gram asam asetat adalah ... °C.
 a. –4,7
 b. –2,2
 c. –1,8
 d. 14
 e. 14,8

17. Untuk menaikkan titik didih 250 mL air menjadi 100,1 °C pada tekanan 1atm (K_b = 0,50 °C molal^{-1}), maka jumlah gula (Mr = 342) yang harus dilarutkan adalah ... gram.
 a. 17,1
 b. 86
 c. 171
 d. 342
 e. 684

18. Tiga gram senyawa elektrolit dalam 250 mL air, mempunyai penurunan titik beku setengahnya dari penurunan titik beku 5,85 gram NaCl (Mr = 58,5) dalam 500 gram air. Massa molekul relatif zat nonelektrolit tersebut adalah
 a. 45
 b. 60
 c. 76
 d. 120
 e. 342

19. Pada pembuatan sirop, kekentalan diukur dengan mengamati titik didihnya. Penelitian menunjukkan bahwa sirop yang baik harus mendidih pada suhu 105 °C. Jika sirop itu memakai gula pentosa , maka molaritas gula dalam sirop adalah

 (Mr = 150, K_b air = 0,5 °C molal^{-1}).
 a. 30 %
 b. 40 %
 c. 50 %
 d. 60 %
 e. 75 %

20. Glikol (Mr = 62) digunakan sebagai anti beku dalam air pendingin radiator kendaraan bermotor di daerah beriklim dingin. Supaya air pendingin tidak membeku pada –10 °C, maka ke dalam 1 liter air harus ditambahkan glikol sebanyak ... gram (K_f air = 1,8 °C molal^{-1}).
 a. 86
 b. 115
 c. 172,5
 d. 345
 e. 690

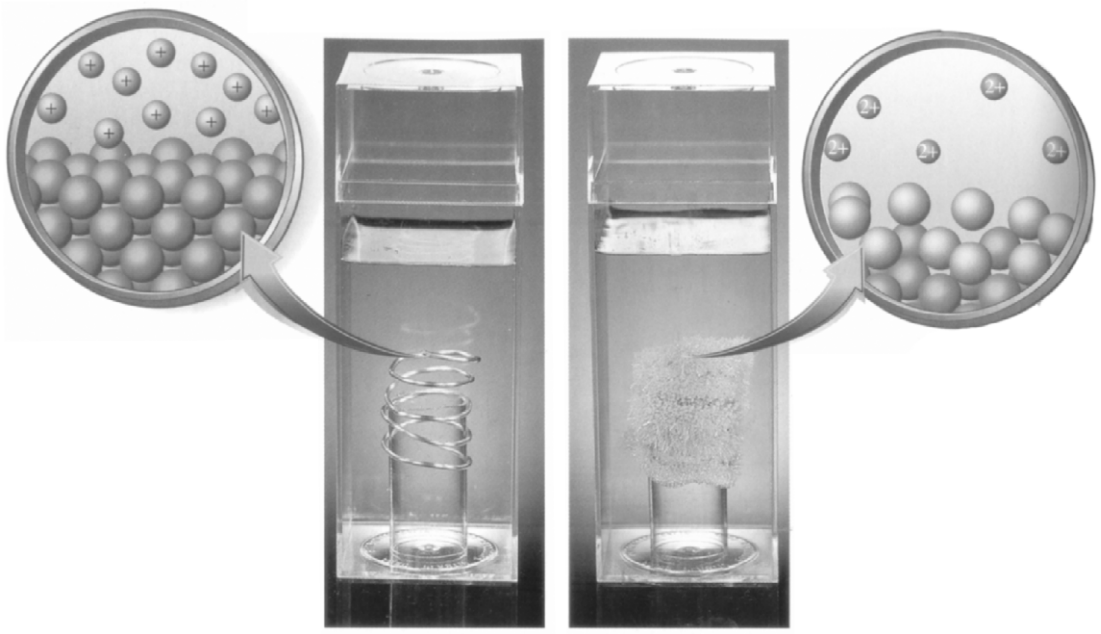
BAB 2

REAKSI REDOKS

Tujuan Pembelajaran

Setelah belajar bab ini, kalian diharapkan mampu:

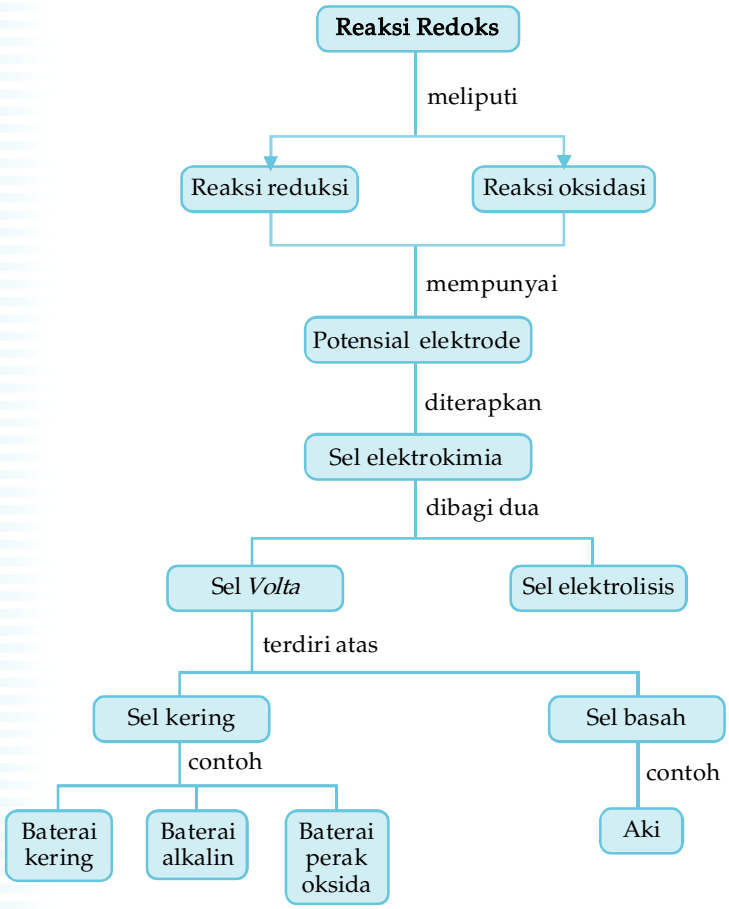
- memahami konsep reaksi redoks;
- menerapkan reaksi redoks dalam sel elektrokimia;
- menerapkan reaksi redoks dalam kehidupan sehari-hari, seperti mencegah korosi dan dalam industri.



Sumber: General Chemistry, Hill J. W, Petrucci R. H, Mc Creary T. W, dan Perry S. S

Kalian pasti mengenal kawat tembaga. Coba kalian ambil kawat tembaga dan masukkan dalam larutan $AgNO_3$. Apa yang terjadi? Larutan $AgNO_3$ yang tidak berwarna lama-kelamaan akan berwarna biru. Ini menunjukkan telah terjadi reaksi. Reaksi yang terjadi merupakan reaksi redoks dan akan kalian pelajari pada bab ini.

Peta Konsep



Kata Kunci

- Reaksi reduksi
- Reaksi oksidasi
- Sel elektrokimia

Prasyarat Pembelajaran

1. Apa yang dimaksud dengan reaksi redoks? Jelaskan.
2. Sebutkan contoh di sekitar kalian yang menggunakan konsep redoks.

A. Reaksi Redoks

1. Konsep reaksi redoks

Di kelas X, kalian telah belajar reaksi oksidasi dan reduksi. Masih ingatkah kalian definisi dari oksidasi dan reduksi?

Reaksi oksidasi adalah perubahan kimia yang terjadi ketika elektron dilepaskan. Reaksi reduksi adalah perubahan kimia yang terjadi ketika elektron diterima. Reaksi oksidasi dan reduksi selalu berjalan serempak, sehingga jumlah elektron yang dilepas pada reaksi oksidasi sama dengan jumlah elektron yang diterima pada reaksi reduksi. Reaksi ini dinamakan reaksi redoks.



Sumber: General Chemistry, Hill J. W, Petrucci R. H, Mc Creary T. W, dan Perry S. S

Gambar 2.1
Kapal yang berkarat merupakan contoh reaksi redoks yang berlaku spontan.

Di kelas X telah dijelaskan apa itu bilangan oksidasi? Bilangan oksidasi merupakan konsep yang sangat berguna untuk menentukan dengan cepat keadaan oksidasi atau reduksi suatu atom dalam senyawa. Adapun aturan penentuan bilangan oksidasi sebagai berikut.

a. Bilangan oksidasi unsur bebas sama dengan nol.
 Misal H dalam H_2 dan Cu dalam Cu.
b. Bilangan oksidasi hidrogen dalam senyawa umumnya +1, kecuali dalam senyawa hidrida logam sama dengan –1.
 Misal dalam NaH, bilangan oksidasi Na adalah +1 dan H adalah –1.
c. Bilangan oksidasi oksigen dalam senyawa umumnya –2, kecuali dalam peroksida sama dengan –1.
d. Hasil penjumlahan bilangan oksidasi yang negatif dan positif dalam suatu molekul atau senyawa sama dengan nol.
e. Hasil penjumlahan bilangan oksidasi yang negatif dan positif dalam seluruh atom untuk setiap ion sama dengan muatan ion itu sendiri.



Bilangan oksidasi adalah angka yang seakan-akan menunjukkan muatan yang dimiliki oleh partikel untuk berikatan.



Aktivitas Kimia

Mempelajari beberapa reaksi redoks dalam larutan

Alat

- kertas gosok
- tabung reaksi

Bahan

- larutan $CuSO_4$ 0,1 M
- larutan $MgSO_4$ 0,1 M
- larutan $Pb(NO_3)_2$ 0,1 M
- larutan $FeSO_4$ 0,1 M
- logam Cu
- logam Mg
- logam Pb
- logam Fe

Cara kerja

1. Isi tabung reaksi dengan larutan yang disediakan setinggi 3 cm.
2. Potong logam Cu, Mg, Ag, Pb, dan Fe dengan ukuran panjang 4 cm dan lebar 0,5 cm.
3. Bersihkan masing-masing permukaan logam dengan cara diamplas sampai bersih.
4. Ambil logam Cu dan celupkan dalam larutan yang disediakan.
5. Amati perubahan yang terjadi dan catat pada tabel pengamatan.
6. Ulangi langkah (4) untuk logam-logam yang lainnya.

Hasil pengamatan

Buat dan lengkapi tabel berikut pada buku kerja kalian.

Larutan / Logam	$Cu^{2+}(aq)$	$Mg^{2+}(aq)$	$Pb^{2+}(aq)$	$Fe^{2+}(aq)$
Cu				
Mg				
Ag				
Pb				
Fe				

Evaluasi dan kesimpulan

Kerjakan di buku kerja kalian.

1. Tulis reaksi ion yang terjadi berdasarkan pengamatan kalian.
2. Tuliskan oksidator dan reduktor dalam setiap reaksi.
3. Buat kesimpulan dari aktivitas kalian di atas dan diskusikan dengan teman kalian.

2. Penyetaraan reaksi redoks

Persamaan reaksi redoks sederhana dapat disetarakan dengan menggunakan dua metode sistematik, yaitu metode bilangan oksidasi dan ion elektron atau setengah reaksi.

a. Metode bilangan oksidasi

Metode bilangan oksidasi berdasarkan prinsip bahwa jumlah pertambahan bilangan oksidasi dari reduktor sama dengan jumlah penurunan bilangan oksidasi dari oksidator. Langkah-langkah menyetarakan reaksi dengan metode bilangan oksidasi sebagai berikut.

1) Menentukan bilangan oksidasi pada setiap unsur dalam persamaan reaksi.
2) Menentukan unsur yang mengalami perubahan bilangan oksidasi.
3) Menentukan jumlah penurunan bilangan oksidasi unsur yang mengalami reduksi (oksidator) dan jumlah pertambahan bilangan oksidasi unsur yang mengalami oksidasi (reduktor).
4) Menyetarakan unsur yang mengalami perubahan bilangan oksidasi dengan meletakkan koefisien yang sesuai.
5) Menyetarakan unsur-unsur lainnya mulai dari kation, anion, hidrogen, dan oksigen (KAHO singkatan dari kation, anion, hidrogen, dan oksigen).

Contoh

Setarakan reaksi redoks berikut.

1. $KMnO_4(aq) + Na_2SO_3(aq) + H_2SO_4(aq) \rightarrow K_2SO_4(aq) + MnSO_4(aq) + Na_2SO_4(aq) + H_2O(l)$

Jawab

$$KMnO_4(aq) + Na_2SO_3(aq) + H_2SO_4(aq) \rightarrow K_2SO_4(aq) + MnSO_4(aq) + Na_2SO_4(aq) + H_2O(l)$$

Langkah 1: Tentukan bilangan oksidasi pada setiap unsur dalam persamaan reaksi.

$$\overset{+1\ +7\ -2}{KMnO_4}(aq) + \overset{+1\ +4\ -2}{Na_2SO_3}(aq) + \overset{+1\ +6\ -2}{H_2SO_4}(aq) \rightarrow \overset{+1\ +6\ -2}{K_2SO_4}(aq) + \overset{+2\ +6\ -2}{MnSO_4}(aq) + \overset{+1\ +6\ -2}{Na_2SO_4}(aq) + H_2O(l)$$

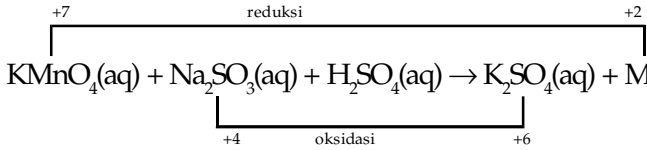


KAHO
K = kation
A = anion
H = hidrogen
O = oksigen

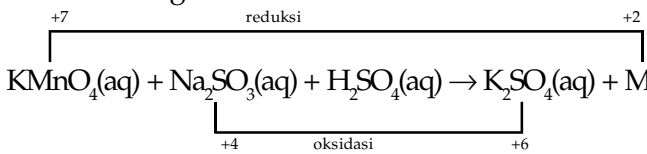
Kegiatan Mandiri

Cari literatur yang membahas penyetaraan reaksi redoks. Buat rangkuman, dan penyelesaiannya dari materi tersebut. Jangan lupa tulis literatur yang kalian baca. Hasilnya kalian komunikasikan di depan kelas.

Langkah 2: Tentukan unsur yang mengalami perubahan bilangan oksidasi.



Langkah 3: Tentukan jumlah pertambahan bilangan oksidasi dari unsur yang mengalami oksidasi dan jumlah penurunan bilangan oksidasi dari unsur yang mengalami reduksi.



Langkah 4: Setarakan unsur yang mengalami oksidasi dan reduksi. Zat yang tereduksi dikalikan 2, sedangkan zat yang teroksidasi dikalikan 5.

$2KMnO_4(aq) + \mathbf{5}Na_2SO_3(aq) + 3H_2SO_4(aq) \rightarrow K_2SO_4(aq) + 2MnSO_4(aq) + 5Na_2SO_4(aq) + H_2O(l)$

Langkah 5: Setarakan unsur lainnya dalam urutan KAHO.

$2KMnO_4(aq) + \mathbf{5}Na_2SO_3(aq) + 3H_2SO_4(aq) \rightarrow K_2SO_4(aq) + 2MnSO_4(aq) + 5Na_2SO_4(aq) + H_2O(l)$

- Kation yang tidak berubah bilangan oksidasinya, yaitu K dan Na sudah setara.
- Untuk menyetarakan jumlah atom H, tulis koefisien 3 pada H_2O.

$2KMnO_4(aq) + 5Na_2SO_3(aq) + 3H_2SO_4(aq) \rightarrow K_2SO_4(aq) + 2MnSO_4(aq) + 5Na_2SO_4(aq) + 3H_2O(l)$

- Atom O ternyata sudah setara, dengan demikian reaksi tersebut sudah setara.

Redoks juga dapat terjadi dalam suasana asam atau basa. Untuk lebih jelasnya coba perhatikan contoh berikut.

2. MnO_4^- (aq)+ Fe^{2+}(aq) → Mn^{2+}(aq) + Fe^{3+}(aq) (suasana asam)

Jawab:

MnO_4^- (aq)+ Fe^{2+}(aq) → Mn^{2+}(aq) + Fe^{3+}(aq)

Langkah 1: Tentukan bilangan oksidasi pada setiap unsur.

MnO_4^-(aq) + Fe^{2+}(aq) → Mn^{2+}(aq) + Fe^{3+}(aq)

Langkah 2: Tentukan unsur yang mengalami perubahan bilangan oksidasi.

+7 reduksi +2

MnO_4^- (aq)+ Fe^{2+}(aq) → Mn^{2+}(aq) + Fe^{3+}(aq)

+2 oksidasi +3

Langkah 3: Tentukan jumlah pertambahan bilangan oksidasi dari unsur yang mengalami oksidasi dan jumlah penurunan bilangan oksidasi dari unsur yang mengalami reduksi.

+7 reduksi +2

MnO_4^- (aq)+ Fe^{2+}(aq) → Mn^{2+}(aq) + Fe^{3+}(aq)

+2 oksidasi +3

Langkah 4: Setarakan unsur yang mengalami perubahan bilangan oksidasi.

- Untuk menyetarakan perubahan bilangan oksidasi, zat yang tereduksi dikalikan 1, sedangkan zat yang teroksidasi dikalikan 5.

MnO_4^-(aq) + 5Fe^{2+}(aq) → Mn^{2+} (aq)+ 5Fe^{3+}(aq)

Langkah 5: Setarakan muatan.

- Dalam suasana asam menyetarakan muatan pada ruas kiri dan ruas kanan dengan penambahan ion H^+. Muatan di ruas kiri adalah +9, sedangkan muatan di ruas kanan adalah +17 sehingga pada ruas kiri ditambahkan 8H^+.

MnO_4^-(aq) + 5Fe^{2+}(aq) + 8H^+(aq) → Mn^{2+}(aq) + 5Fe^{3+}(aq)

Langkah 6: Setarakan unsur lainnya dalam urutan KAHO.

MnO_4^-(aq) + 5Fe^{2+}(aq) + 8H^+(aq) → Mn^{2+}(aq) + 5Fe^{3+}(aq)

❖ Untuk menyetarakan atom H dilakukan penambahan H_2O di ruas kanan sebanyak setengah dari H^+ .

$$MnO_4^-(aq) + 5Fe^{2+}(aq) + 8H^+(aq) \rightarrow Mn^{2+}(aq) + 5Fe^{3+}(aq) + 4H_2O(l)$$

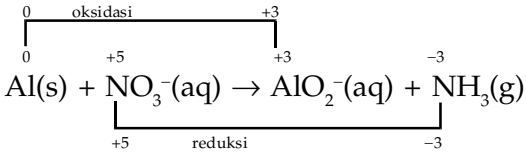
❖ Atom O ternyata sudah setara, dengan demikian reaksi tersebut sudah setara.

3. $Al(s) + NO_3^-(aq) \rightarrow AlO_2^-(aq) + NH_3(g)$ (suasana basa)

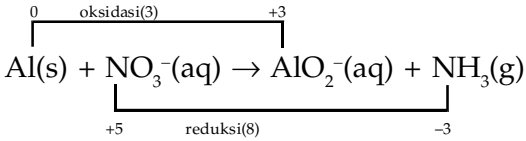
Jawab

$$Al(s) + NO_3^-(aq) \rightarrow AlO_2^-(aq) + NH_3(g)$$

Langkah 1: Tentukan unsur yang mengalami perubahan oksidasi



Langkah 2: Tentukan jumlah pertambahan bilangan oksidasi dari unsur yang mengalami oksidasi dan jumlah penurunan bilangan oksidasi dari unsur yang mengalami reduksi.



Kegiatan Mandiri

Baca literatur, buku, atau majalah. Cari contoh terjadinya reaksi redoks di sekitar kalian. Buat kesimpulan mengapa terjadi reaksi redoks. Komunikasikan hasilnya dengan teman kalian.

Langkah 3: Setarakan unsur yang mengalami perubahan bilangan oksidasi.

❖ Zat yang tereduksi dikalikan 3, sedangkan zat yang teroksidasi dikalikan 8.

$$8Al(s) + 3NO_3^-(aq) \rightarrow 8AlO_2^-(aq) + 3NH_3(g)$$

Langkah 4: Setarakan muatan.

❖ Dalam suasana basa menyetarakan muatan pada ruas kiri dan ruas kanan dengan penambahan ion OH^-. Muatan di ruas kiri adalah –3, sedangkan muatan di ruas kanan adalah –8. Sehingga pada ruas kiri ditambahkan 5 OH^-.

$$8Al(s) + 3NO_3^-(aq) + 5OH^-(aq) \rightarrow 8AlO_2^-(aq) + 3NH_3(g)$$

Langkah 5: Setarakan unsur lainnya dalam urutan KAHO.

$$8Al(s) + 3NO_3^-(aq) + 5OH^-(aq) \rightarrow 8AlO_2^-(aq) + 3NH_3(g)$$

- Untuk menyetarakan atom H dilakukan penambahan H_2O di ruas kanan sesuai kekurangan atom H, yaitu 2.

$$8Al(s) + 3NO_3^-(aq) + 5OH^-(aq) \rightarrow 8AlO_2^-(aq) + 3NH_3(g) + 2H_2O(l)$$

- Atom O ternyata sudah setara, dengan demikian reaksi tersebut sudah setara.



Sejauh Mana Pemahaman Kalian ?

Kerjakan di buku latihan kalian.

Setarakan reaksi redoks berikut dengan metode bilangan oksidasi.

1. $Zn(s) + HNO_3(aq) \rightarrow Zn(NO_3)_2(aq) + NH_4NO_3(aq) + H_2O(l)$
2. $Zn(s) + NO_3^-(aq) \rightarrow ZnO_2^{2-}(aq) + NH_3(g)$ (suasana basa)
3. $MnO_4^-(aq) + VO^{2+}(aq) \rightarrow VO_3^-(aq)$ (suasana asam)
4. $Al(s) + NaOH(aq) + H_2O(l) \rightarrow NaAl(OH)_4(aq) + H_2(g)$
5. $IO_3^-(aq) + I^-(aq) \rightarrow I_2(g)$ (suasana asam)

b. Metode ion elektron

Metode ion elektron atau setengah reaksi berdasarkan prinsip bahwa jumlah elektron yang dilepaskan pada setengah reaksi oksidasi sama dengan jumlah elektron yang diserap pada setengah reaksi reduksi.

Langkah-langkah menyetarakan reaksi redoks dengan metode ion elektron sebagai berikut.

1) Menentukan kerangka dasar dari setengah reaksi reduksi dan setengah reaksi oksidasi.
2) Menyetarakan atom unsur yang mengalami perubahan bilangan oksidasi.
3) Menyetarakan jumlah atom oksigen kemudian jumlah atom hidrogen. Jika dalam suasana asam atau netral, maka tambahkan 1 molekul H_2O pada ruas yang kekurangan 1

atom oksigen. Selanjutnya setarakan atom H dengan menambahkan ion H^+ pada ruas yang kekurangan atom H. Jika dalam larutan bersifat basa, maka tambahkan 1 molekul H_2O untuk ruas yang kelebihan atom oksigen, kemudian tambahkan dua kali lebih banyak ion OH^- pada ruas yang lain.

4) Jika terdapat unsur lain, maka penyetaraan dilakukan dengan menambahkan unsur tersebut pada ruas yang lain.
5) Menyamakan jumlah muatan dengan menambahkan sejumlah elektron pada ruas yang jumlah muatannya lebih besar.
6) Menjumlahkan persamaan reaksi reduksi dan reaksi oksidasi dengan menyamakan jumlah elektron yang diserap pada reaksi reduksi dan jumlah elektron yang dilepas pada reaksi oksidasi.
7) Menyetarakan koefisien reaksi secara keseluruhan.

Contoh

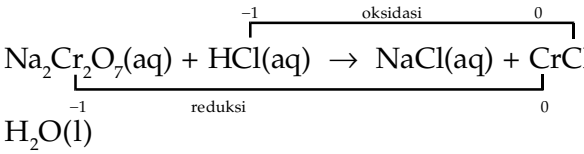
Setarakan reaksi redoks berikut.

1) $Na_2Cr_2O_7(aq) + HCl(aq) \rightarrow NaCl(aq) + CrCl_3(aq) + Cl_2(g) + H_2O(l)$ (suasana asam)

Jawab

$Na_2Cr_2O_7(aq) + HCl(aq) \rightarrow NaCl(aq) + CrCl_3(aq) + Cl_2(g) + H_2O(l)$ (suasana asam)

Langkah 1: Tentukan kerangka dasar reduksi dan oksidasi.



Reduksi : $Cr_2O_7^{2-}(aq) \rightarrow Cr^{3+}(aq)$
Oksidasi : $Cl^-(aq) \rightarrow Cl_2(g)$

Langkah 2: Setarakan atom unsur yang mengalami reduksi dan oksidasi.

Reduksi : $Cr_2O_7^{2-}(aq) \rightarrow 2Cr^{3+}(aq)$
Oksidasi: $2Cl^-(aq) \rightarrow Cl_2(g)$

Langkah 3: Setarakan oksigen dan hidrogen.

- Untuk setengah reaksi reduksi ada kelebihan 7 atom oksigen di ruas kiri, maka tambahkan 7 molekul air di ruas kanan dan tambahkan 14 H^+ di ruas kiri.

Reduksi : $Cr_2O_7^{2}(aq)^{-} + 14H^{+}(aq) \rightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l)$

- ❖ Untuk setengah reaksi oksidasi tidak ada atom oksigen dan hidrogen.

Oksidasi : $2Cl^{-}(aq) \rightarrow Cl_2(g)$

Langkah 4: Tidak ada unsur lain.

Langkah 5: Setarakan muatan pada ruas kiri dan ruas kanan.

- ❖ Reduksi: jumlah muatan di ruas kiri +12, sedangkan di ruas kanan +6 sehingga harus ditambahkan 6 elektron di ruas kiri.

Reduksi : $Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H^{+}(aq) + 6e^{-} \rightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l)$

- ❖ Oksidasi: jumlah muatan di ruas kiri –2, sedangkan di ruas kanan 0 sehingga harus ditambahkan 2 elektron di ruas kanan.

Oksidasi : $2Cl^{-}(aq) \rightarrow Cl_2(aq) + 2e^{-}$

Langkah 6: Samakan jumlah elektron.

- ❖ Kalikan koefisien oksidasi dengan 3, sehingga pada ruas kiri dan kanan melibatkan 6 elektron.

Reduksi : $Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H^{+}(aq) + 6e^{-} \rightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l)$
Oksidasi : $2Cl^{-}(aq) \rightarrow Cl_2(g) + 2e^{-}$ (3)

Redoks : $Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H^{+}(aq) + 6Cl^{-}(aq) \rightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 3Cl_2(g) + 7H_2O(l)$

Langkah 7: Setarakan koefisien reaksi keseluruhan.

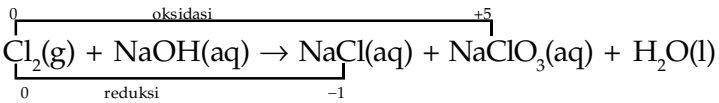
- ❖ Untuk menentukan persamaan reaksi secara keseluruhan, perlu memasukkan ion Na^{+} untuk tiap $Cr_2O_7^{2-}$ dan satu H^{+} untuk tiap Cl^{-}, maka diperoleh persamaan akhir sebagai berikut.

$Na_2Cr_2O_7(aq) + 14HCl(aq) \rightarrow 2NaCl(aq) + 2CrCl_3(aq) + 3Cl_2(aq) + 7H_2O(l)$

2) $Cl_2(g) + NaOH(aq) \rightarrow NaCl(aq) + NaClO_3(aq) + H_2O(l)$ (suasana basa)

Jawab

Langkah 1: Tentukan kerangka dasar reduksi dan oksidasi.



Kegiatan Mandiri

Kalian telah belajar penyetaraan reaksi redoks dengan dua metode, yaitu metode bilangan oksidasi dan ion elektron. Adakah perbedaan antara kedua metode tersebut? Jelaskan. Komunikasikan hasilnya dengan teman kalian.

Reduksi : $Cl_2(g) \rightarrow Cl^-(aq)$
Oksidasi : $Cl_2(g) \rightarrow ClO_3^-(aq)$

Langkah 2: Setarakan atom unsur yang mengalami reduksi dan oksidasi.

Reduksi : $Cl_2(g) \rightarrow 2Cl^-(aq)$
Oksidasi : $Cl_2(g) \rightarrow 2ClO_3^-(aq)$

Langkah 3: Setarakan oksigen dan hidrogen.

- Untuk setengah reaksi reduksi tidak ada atom oksigen dan hidrogen.

Reduksi : $Cl_2(g) \rightarrow 2Cl^-(aq)$

- Untuk setengah reaksi oksidasi ada kelebihan 6 atom oksigen di ruas kanan, maka tambahkan 6 molekul air di ruas kanan dan 12 OH^- di ruas kiri.

Oksidasi : $Cl_2(g) + 12OH^-(aq) \rightarrow 2ClO_3^-(aq) + 6H_2O(l)$

Langkah 4: Tidak ada unsur lain.

Langkah 5: Samakan muatan pada ruas kiri dan kanan.

- Reduksi: jumlah muatan di ruas kiri adalah 0, sedangkan di ruas kanan adalah –2. Sehingga harus ditambahkan 2 elektron di ruas kiri.

Reduksi : $Cl_2(g) + 2e^- \rightarrow 2Cl^-(aq)$

- Oksidasi: jumlah muatan di ruas kiri adalah –12, sedangkan di ruas kanan adalah –2. Sehingga harus ditambahkan 10 elektron di ruas kanan.

Oksidasi : $Cl_2(g) + 12OH^-(aq) \rightarrow 2ClO_3^-(aq) + 6H_2O(l) + 10e^-$

Langkah 6: Samakan jumlah elektron.

- Kalikan koefisien reduksi dengan 5 sehingga pada ruas kiri dan kanan melibatkan 10 elektron.

Reduksi : $Cl_2(g) + 2e^- \rightarrow 2Cl^-(aq)$ (5)
Oksidasi : $Cl_2(g) + 12OH^-(aq) \rightarrow 2ClO_3^-(aq) + 6H_2O(l) + 10e^-$
+
Redoks: $5Cl_2(g) + Cl_2(g) + 12OH^-(aq) \rightarrow 10Cl^-(aq) + 2ClO_3^-(aq) + 6H_2O(l)$

Langkah 7: Setarakan koefisien reaksi keseluruhan.

- Untuk menentukan persamaan reaksi secara keseluruhan, perlu memasukkan ion Na^+ untuk tiap

OH^- dan Cl^- serta dua Na^+ untuk ClO_3, maka diperoleh persamaan akhir sebagai berikut.

$$6Cl_2(g) + 12NaOH(aq) \rightarrow 10NaCl(aq) + 2NaClO_3(aq) + 6H_2O(l)$$



Sejauh Mana Pemahaman Kalian ?

Kerjakan di buku latihan kalian.

Setarakan reaksi redoks berikut dengan metode ion-elektron.

1. $I_2(g) + S_2O_3^{2-}(aq) \rightarrow I^-(aq) + S_4O_6^{2-}(aq)$ (suasana asam)
2. $MnO(aq) + PbO_2(s) + HNO_3(aq) \rightarrow HMnO_4(aq) + Pb(NO_3)_2(aq) + H_2O(l)$ (suasana asam)
3. $KMnO_4(aq) + KOH(aq) + MnO_2(aq) \rightarrow K_2MnO_4(aq) + H_2O(l)$ (suasana basa)
4. $Zn(s) + NO_3^-(aq) \rightarrow ZnO_2^{2-}(aq) + NH_3(aq)$ (suasana basa)
5. $Cr(OH)_3 + H_2O_2 \rightarrow CrO_4^{2-} + H_2O$ (suasana basa)



Latihan 1

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Apa yang kalian ketahui tentang reduksi dan oksidasi?
2. Apa yang dimaksud dengan bilangan oksidasi?
3. Berapa bilangan oksidasi unsur-unsur bebas? Berikan contohnya.
4. Bagaimana penentuan bilangan oksidasi untuk oksigen?
5. Tentukan bilangan oksidasi Mn dalam senyawa berikut.
 a. MnO
 b. MnO_4^{2-}
 c. MnO_2
 d. $KMnO_4$

Setarakan persamaan reaksi berikut dengan metode bilangan oksidasi.

6. $Cr_2O_7^{2-}(aq) + C_2O_4^{2-}(aq) \rightarrow Cr^{3+}(aq) + CO_2(g)$ (suasana asam)
7. $I^-(aq) + SO_4^{2-}(aq) \rightarrow H_2S(g) + I_2(g)$ (suasana asam)
8. $Zn(s) + NO_3(g) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + NH_4^+(aq)$ (suasana asam)

Setarakan persamaan reaksi berikut ini dengan metode ion-elektron.

9. $MnO_4^-(aq) + C_2O_4^{2-}(aq) \rightarrow MnO_2(aq) + CO_2(g)$ (suasana basa)
10. $CrO_4^{2-}(aq) + Fe(OH)_2(aq) \rightarrow Cr_2O_3(aq) + Fe(OH)_3(aq)$ (suasana basa)

B. Sel Elektrokimia

Apa sel elektrokimia itu? Sel elektrokimia dibedakan menjadi dua, yaitu sel *Volta* dan sel elektrolisis. Sel *Volta* mengolah energi kimia menjadi listrik dan akan kalian pelajari pada bab ini. Bagaimana dengan sel elektrolisis? Sel elektrolisis mengubah energi listrik menjadi kimia dan akan kalian pelajari pada bab selanjutnya.

1. Sel Volta



Gambar 2.2
Jika buah jeruk yang ditancapkan dua keping logam yang berbeda yaitu seng dan tembaga, maka dapat menghasilkan energi listrik. Coba lakukan menggunakan buah yang lain seperti tomat atau mangga.

Sumber: General Chemistry, Hill J. W, Petrucci R. H, Mc Creary T. W, dan Perry S. S

Sel *Volta* adalah penataan bahan kimia dan penghantar listrik yang memberikan aliran elektron lewat rangkaian luar dari suatu zat kimia yang teroksidasi ke zat kimia yang direduksi. Dalam sel *Volta*, oksidasi berarti dilepaskannya elektron oleh atom, molekul, atau ion. Sedangkan reduksi berarti diperolehnya elektron oleh partikel-partikel ini.

Contoh oksidasi dan reduksi spontan yang sederhana, perhatikan reaksi seng dengan tembaga berikut.

$$Zn(s) + CuSO_4(aq) \rightarrow ZnSO_4(aq) + Cu(s)$$

Reaksi spontan ion tembaga berubah menjadi logam tembaga akan menyepuh (melapisi) lembaran seng, lembaran seng melarut, dan dibebaskan energi panas. Reaksi tersebut dapat dituliskan dalam bentuk persamaan ion sebagai berikut.

$$Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$$

Tiap atom seng kehilangan dua elektron untuk menjadi sebuah ion seng dan tiap ion tembaga akan memperoleh dua elektron menjadi sebuah atom tembaga.

$$\text{Oksidasi : } Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$$
$$\text{Reduksi : } Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$$

Meskipun gejala ini sifat dasarnya adalah listrik, namun aliran elektron tak dapat dideteksi jika seng bersentuhan langsung dengan larutan tembaga sulfat. Elektron itu diberikan langsung dari atom-atom seng ke ion-ion tembaga. Salah satu metode yang memungkinkan untuk difusi ion-ion adalah dengan membenamkan lembaran seng ke dalam suatu larutan garam

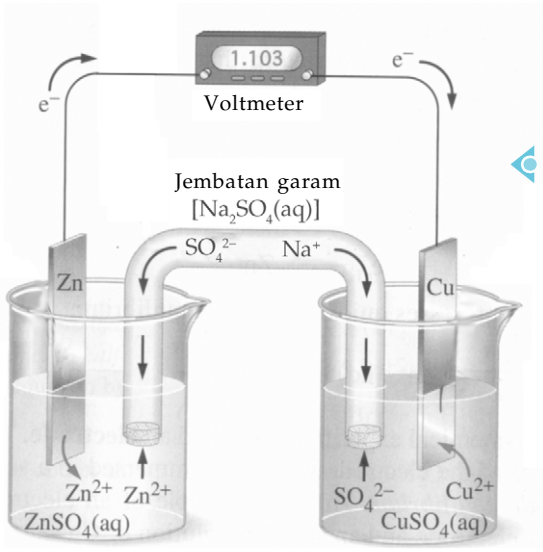


Ingat Kembali

Sel *Volta* sama dengan sel *Galvani*.

seng, seperti seng sulfat dan membenamkan sepotong tembaga ke dalam suatu larutan tembaga sulfat. Larutan seng sulfat dihubungkan dengan larutan tembaga sulfat oleh *jembatan garam*, yang memungkinkan terjadinya difusi ion-ion. Jembatan garam diisi dengan larutan elektrolit dari garam yang tidak berubah secara kimia dalam proses tersebut. Sebagai contoh adalah kalium sulfat, natrium sulfat, natrium klorida, kalium klorida, dan kalium nitrat.

Perhatikan Gambar 2.3. Reaksi akan berlang-sung terus sampai atom seng atau ion tembaga habis terpakai sehingga voltase menjadi nol. Zn secara spontan berubah menjadi Zn^+ dengan melepaskan elekton, elektron mengalir dari atom seng melalui kawat penghantar menuju logam tembaga.



Gambar 2.3
Sel *Volta*, reaksi redoks spontan yang menghasilkan energi listrik.

Sumber: Chemistry, Silberberg M. S

$$Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$$

Ion negatif berdifusi melalui jembatan garam menuju lembaran seng sampai lembaran seng habis.

Elektron yang dilepaskan oleh atom seng memasuki kawat penyambung dan menyebabkan elektron-elektron pada ujung lain berkumpul pada permukaan logam tembaga. Elektron-elektron tersebut bereaksi dengan ion tembaga membentuk atom tembaga yang melekat pada permukaan itu sebagai sepuhan tembaga.

$$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$$

Ion SO_4^{2-} yang ditinggalkan oleh ion tembaga akan berdifusi menjauhi elektrode tembaga. Kemudian ion Na^+ dari jembatan garam akan berdifusi keluar menuju ke tembaga. Jadi, sementara reaksi itu berjalan terdapat gerakan keseluruhan dari ion negatif menuju lembaran seng dan gerakan keseluruhan ion positif menuju logam tembaga. Jalan untuk aliran ion secara terarah lewat larutan ini dapat dibayangkan sebagai rangkaian dalam dan jalan untuk aliran elektron lewat kawat penghantar dibayangkan sebagai rangkaian luar. Baterai yang tersusun atas seng, seng sulfat, tembaga, dan tembaga sulfat disebut **sel *Daniell***, seperti nama penemunya.

Kegiatan Mandiri

Rakit sebuah sel *Volta* yang terdiri atas lembaran seng, logam tembaga, seng klorida, dan tembaga klorida. Jelaskan proses yang terjadi pada sel *Volta* buatan kalian. Komunikasikan dengan teman kalian.

Logam seng dan tembaga yang menjadi kutub-kutub pada rangkaian sel elektrokimia disebut **elektrode**. Elektrode tempat terjadinya oksidasi disebut **anode**, sedangkan elektrode tempat terjadinya reduksi disebut **katode**. Karena oksidasi berarti pelepasan elektron, maka anode adalah kutub negatif, sedangkan katode merupakan kutub positif. Dalam sel *Daniell* yang telah diuraikan sebelumnya, anodenya adalah logam seng dan katodenya adalah logam tembaga.

Tembaga merupakan salah satu barang tambang yang ada di Indonesia. Tambang tembaga terdapat di Cikotok, Jawa Barat, Kompara, Papua, Sangkarapi, Sulawesi Selatan, dan Tirtamaya, Jawa Tengah. Tambaga merupakan bahan baku yang digunakan untuk membuat kabel listrik.

2. Notasi sel *Volta*

Perjanjian tertentu digunakan untuk menyatakan reaksi dalam sebuah sel. Susunan sel *Volta* dinyatakan suatu notasi singkat yang disebut **diagram sel.** Diagram sel tersebut dirumuskan sebagai berikut.

Anode (oksidasi) Jembatan garam Katode (reduksi)
Elektrode * ion-ion dalam larutan 2 ion-ion dalam larutan * elektrode

Kedua garis vertikal yang sejajar menyatakan jembatan garam yang memisahkan kedua elektrode. Contoh notasi sel *Volta* pada Gambar 2.3 sebagai berikut.

$$Zn(s)*Zn^{2+}(aq)\ 2\ Cu^{2+}(aq)*Cu(s)$$

Ingat Kembali

Tanda koma dapat menggantikan tanda (*) untuk komponen terpisah dengan fasa yang sama.

Sebuah sel yang terbuat dari elektrode platina dengan reaksi keseluruhan $H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$ dapat ditulis notasinya sebagai berikut.

$$Pt*H_2(g)*H^+(aq)\ 2\ Cl^-(aq)*Cl_2,Pt(g)$$

Sejauh Mana Pemahaman Kalian ?

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Apa yang dimaksud dengan elektrode? Sebutkan jenisnya.
2. Apa fungsi jembatan garam dalam sel *Volta*?
3. Apa perbedaan sel *Volta* dengan sel *Daniell*?

4. Tuliskan notasi sebuah sel *Volta* dengan reaksi keseluruhan $Cu(s) + Ag_2SO_4(aq) \rightarrow CuSO_4(aq) + 2Ag(s)$.
5. Tuliskan persamaan reaksi sel yang terjadi pada sel *volta* berikut.
 $Al(s) * Al^{3+}(aq)\ 2\ H^+(aq) * H_2(g)$

3. Potensial elektrode standar

Potensial elektrode standar adalah gaya dorong (gaya gerak listrik) dari reaksi redoks yang diukur pada keadaan standar (kemolaran 1 M pada tekanan 1 atm dan suhu 25 °C). **Potensial sel standar** disimbolkan dengan E_{sel}. Pada sel *Daniell,* potensial ini sebenarnya merupakan selisih potensial listrik antara seng dan tembaga yang mendorong elektron mengalir. Perbedaan potensial listrik keduanya diakibatkan adanya perbedaan rapatan muatan antara elektrode Zn dan elektrode Cu. Perbedaan rapatan muatan kedua elektrode disebabkan perbedaan kecenderungan kedua elektrode untuk melepaskan elektron. Seng lebih mudah melepaskan elektron (teroksidasi) dibandingkan dengan tembaga. Harga potensial elektrode standar dari berbagai elektrode diberikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Potensial elektrode standar, E^o_{sel}

	Reaksi katode (reduksi)	E , volt
F_2/F^-	$F_2(g) + 2e^- \rightarrow 2F^-(aq)$	+2,87
H_2O_2/H_2O	$H_2O_2(aq) + 2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow 2H_2O(l)$	+1,78
$PbO_2/PbSO_4$	$PbO_2(s) + SO_4^{2-}(aq) + 4H^+(aq) + 2e^- \rightarrow PbSO_4(s) + 2H_2O(l)$	+1,70
$HClO/Cl_2$	$2HClO(aq) + 2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow Cl_2(g) + 2H_2O(l)$	+1,63
MnO_4^-/Mn^{2+}	$MnO_4^-(aq) + 8H^+(aq) + 5e^- \rightarrow Mn^{2+}(aq) + 4H_2O(l)$	+1,51
Au^{3+}/Au	$Au^{3+}(aq) + 3e^- \rightarrow Au(s)$	+1,50
PbO_2/Pb^{2+}	$PbO_2(s) + 4H^+(aq) + 2e^- \rightarrow Pb^{2+}(aq) + 2H_2O(l)$	+1,46
Cl_2/Cl^-	$Cl_2(g) + 2e^- \rightarrow 2Cl^-(aq)$	+1,36
$Cr_2O_7^{2-}/Cr^{3+}$	$Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H^+(aq) + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l)$	+1,33
O_2/H_2O	$O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \rightarrow 2H_2O(l)$	+1,23
Br_2/Br^-	$Br_2(l) + 2e^- \rightarrow 2Br^-(aq)$	+1,07
NO_3^-/NO	$NO_3^-(aq) + 4H^+(aq) + 3e^- \rightarrow NO(g) + 2H_2O(l)$	+0,96
Hg_2^{2+}/Hg	$Hg_2^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow 2Hg(aq)$	+0,85
Ag^+/Ag	$Ag^+(aq) + e^- \rightarrow Ag(s)$	+0,80

	Reaksi katode (reduksi)	E , volt
NO_3^-/N_2O_4	$2NO_3^-(aq) + 4H^+(aq) + 2e^- \rightarrow N_2O_4(aq) + 2H_2O(l)$	+0,80
Fe^{3+}/Fe^{2+}	$Fe^{3+}(aq) + e^- \rightarrow Fe^{2+}(aq)$	+0,77
O_2/H_2O_2	$O_2(g) + 2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2O_2(aq)$	+0,68
I_2/I^-	$I_2(s) + 2e^- \rightarrow 2I^-(aq)$	+0,54
Cu^{2+}/Cu	$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$	+0,34
Sn^{4+}/Sn^{2+}	$Sn^{4+}(aq) + 2e^- \rightarrow Sn^{2+}(aq)$	+0,13
H^+/H_2	**$2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(g)$**	**0,00**
Pb^{2+}/Pb	$Pb^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Pb(s)$	–0,13
Sn^{2+}/Sn	$Sn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Sn(s)$	–0,14
Ni^{2+}/Ni	$Ni^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Ni(s)$	–0,25
Co^{2+}/Co	$Co^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Co(s)$	–0,28
$PbSO_4/Pb$	$PbSO_4(s) + 2e^- \rightarrow Pb(s) + SO_4^{2-}(aq)$	–0,31
Fe^{2+}/Fe	$Fe^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Fe(s)$	–0,44
Zn^{2+}/Zn	$Zn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Zn(s)$	–0,76
Al^{3+}/Al	$Al^{3+}(aq) + 3e^- \rightarrow Al(s)$	–1,66
Mg^{2+}/Mg	$Mg^{2+}(aq) + 2e \rightarrow Mg(s)$	–2,37
Na^+/Na	$Na^+(aq) + e^- \rightarrow Na(s)$	–2,71
Ca^{2+}/Ca	$Ca^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Ca(s)$	–2,87
K^+/K	$K^+(aq) + e^- \rightarrow K(s)$	–2,92
Li^+/Li	$Li^+(aq) + e^- \rightarrow Li(s)$	–3,04

Keterangan : Berdasarkan harga potensial elektrode standar pada tabel semakin ke bawah, maka semakin mudah mengalami oksidasi.

Sumber: General Chemistry, Hill J. W, Petrucci R. H, Mc Creary T. W, dan Perry S. S

4. Potensial elektrode

Seperti telah dipaparkan dalam Gambar 2.3 sel *Volta* terdiri atas dua macam reaksi setengah sel. Tidak memungkinkan untuk mengukur potensial setengah sel tunggal, sehingga yang dapat dilakukan adalah mengukur potensial dari kedua reaksi setengah sel. Jika ingin membandingkan potensial setengah sel yang satu dengan potensial setengah sel yang lain, maka harus diukur potensial masing-masing terhadap petensial setengah sel ketiga sebagai pembanding.

Para ahli kimia memilih elektrode hidrogen standar dengan harga potensialnya nol sebagai elektrode pembanding standar. Voltase sel ini diambil sebagai pengukuran kecenderungan

setengah sel zat untuk menjalani reaksi oksidasi atau reduksi, jika dibandingkan dengan kecenderungan setengah sel H_2 / H^+.

Dalam sel pembanding ideal, elektrode hidrogen merupakan setengah sel yang satu dan elektrode standar dari zat yang akan dibandingkan merupakan setengah sel yang lain. Misal elektrode tembaga standar, voltase ideal yang ditunjukkan oleh voltmeter adalah 0,34 V.

Anode : $H_2(g) \rightarrow 2H^+(aq) + 2e^-$ (oksidasi)
Katode : $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$ (reduksi)

Reaksi sel : $H_2(g) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow 2H^+(aq) + Cu(s)$

Jika elektrodenya adalah magnesium, voltase idealnya adalah 2,37 V dengan simpangan jarum voltmeter pada arah yang berlawanan. Simpangan ini berarti bahwa atom magnesium yang dioksidasi dengan memberikan elektronnya, bukan hidrogen.

Anode : $Mg(s) \rightarrow Mg^{2+}(aq) + 2e^-$ (oksidasi)
Katode : $2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(g)$ (reduksi)

Reaksi sel : $Mg(s) + 2H^+(aq) \rightarrow Mg^{2+}(aq) + H_2(g)$

Jika elektrodenya adalah nikel, maka arah simpangan voltmeter sama dengan arah untuk magnesium, di mana voltase ideal 0,25 V. Voltase yang lebih rendah menunjukkan bahwa kecenderungan nikel menyerahkan elektron kepada ion hidrogen lebih rendah daripada magnesium.

Reaksi keseluruhan yang berlangsung spontan dalam sel-sel pembanding adalah sebagai berikut.

$Mg(s) + 2H^+(aq) \rightarrow Mg^{2+}(aq) + H_2(g)$ (oksidasi Mg, $E = +2{,}37$ V)
$Ni(s) + 2H^+(aq) \rightarrow Ni^{2+}(aq) + H_2(g)$ (oksidasi Ni, $E = +0{,}25$ V)
$H_2(g) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow 2H^+(aq) + Cu(s)$ (reduksi Cu^{2+}, $E = +0{,}34$ V)

Berdasarkan uraian data di atas, dapat diperoleh susunan ketiga unsur berdasarkan kecenderungannya teroksidasi, yaitu Mg > Ni > Cu.

Potensial sel yang dihasilkan oleh suatu elektrode dengan elektrode hidrogen disebut **potensial elektrode** disimbolkan dengan ***E***. Elektrode yang lebih mudah mengalami reduksi dibandingkan elektrode hidrogen mempunyai potensial elektrode bertanda positif, sedangkan elektrode yang lebih sulit mengalami reduksi diberi tanda negatif. Pada Tabel 2.1 dapat diamati bahwa elektrode yang mempunyai potensial negatif diletakkan di atas

elektrode hidrogen, sedangkan yang bertanda positif diletakkan di bawah elektrode hidrogen.

Menurut kesepakatan, potensial elektrode dikaitkan dengan reaksi reduksi, sehingga potensial elektrode sama dengan potensial reduksi. Sedangkan potensial oksidasi sama dengan potensial reduksi, tetapi tandanya berlawanan.

5. Potensial sel standar ($E°_{sel}$)

Potensial sel *Volta* dapat ditentukan melalui eksperimen dengan menggunakan voltmeter. Selain itu, data potensial elektrode positif (katode) dan potensial elektrode negatif (anode) juga dapat digunakan untuk menentukan potensial sel standar dengan rumus sebagai berikut.

$$E_{sel} = E(\text{katode}) - E(\text{anode})$$
atau
$$= E(\text{reduksi}) - E(\text{oksidasi})$$

Ingat Kembali

Oksidasi berarti peningkatan bilangan oksidasi. Reduksi berarti penurunan bilangan oksidasi.

Contoh

1. Berdasarkan potensial standar elektrode diketahui.

 $Mg^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Mg(s)$ $\quad E = -2{,}37$ V
 $Br_2(g) + 2e^- \rightarrow 2Br^-(aq)$ $\quad E = +1{,}07$ V

 a. Tentukan potensial sel standar (E_{sel})

 b. Tuliskan reaksi selnya.

Jawab

a. $E_{sel} = E(\text{katode}) - E(\text{anode})$

 $E_{sel} = 1{,}07 \text{ V} - (-2{,}37 \text{ V})$
 $= 3{,}44$ V

 Brom memiliki potensial elektrode standar positif, sehingga sebagai katode (kutub positif) dan magnesium sebagai anode (kutub negatif).

b. Reaksi sel

 Katode : $Br_2(g) + 2e^- \rightarrow 2Br^-(aq)$ $E = +1{,}07$ V (reaksi reduksi)
 Anode : $Mg^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Mg(s)$ $E = -2{,}37$ V (reaksi reduksi)

 Pada katode terjadi reaksi reduksi, sedangkan pada anode terjadi reaksi oksidasi, maka persamaan reaksi di atas yang terjadi pada anode harus dibalik reaksinya supaya menjadi reaksi oksidasi. Magnesium sebagai anode, maka reaksinya harus dibalik sehingga reaksi sel yang terjadi sebagai berikut.

Katode: $Br_2(g) + 2e^- \rightarrow 2Br^-(aq)$ $E^o = +1{,}07$ V
Anode : $Mg(s) \rightarrow Mg^{2+}(aq) + 2e^-$ $E^o = +2{,}37$ V
+
Reaksi sel : $Br_2(g) + Mg(s) \rightarrow 2Br^-(aq) + Mg^{2+}(aq)$ $E^o_{sel} = +3{,}44$ V

2. Berdasarkan potensial standar elektrode diketahui.

$Ag(aq) + e^- \rightarrow Ag(s)$ $E^o = +0{,}80$ V
$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$ $E^o = +0{,}34$ V

a. Tentukan potensial sel standar (E^o_{sel}).
b. Tuliskan reaksi selnya.

Jawab

a. Berdasarkan harga potensial elektrodenya, maka tembaga (Cu) lebih mudah mengalami reaksi oksidasi karena potensial elektrodenya lebih kecil dari pada perak (Ag), sehingga perak sebagai katode dan tembaga sebagai anode.

$E^o_{sel} = E^o(\text{katode}) - E^o(\text{anode})$
$E^o_{sel} = 0{,}80\text{ V} - (0{,}34\text{ V})$
$= 0{,}46$ V

b. Reaksi sel

Katode : $Ag^+(aq) + e^- \rightarrow Ag(s)$ $E^o = +0{,}80$ V (2)
Anode : $Cu(s) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + 2e^-$ $E^o = -0{,}34$ V (1)

Persamaan reaksi di atas, koefisien reaksi dari perak harus dikalikan dua untuk menyamakan jumlah elektron yang terlibat. Tetapi perlu diingat bahwa nilai potensial elektrode tidak tergantung pada koefisien reaksi, sehingga tidak ikut dikalikan. Reaksi selnya:

Katode: $2Ag^+(aq) + 2e^- \rightarrow 2Ag(s)$ $E^o = +0{,}80$ V
Anode : $Cu(s) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + 2e^-$ $E^o = -0{,}34$ V
+
Reaksi sel : $2Ag^+(aq) + Cu(s) \rightarrow 2Ag(s) + Cu^{2+}(aq)$ $E^o_{sel} = +0{,}46$ V

3. Menentukan potensial sel *Volta* berdasarkan potensial sel lain yang menggunakan elektrode sama. Diketahui:

$Mg(s) * Mg^{2+}(aq)\, 2Cu^{2+}(aq) * Cu(s)$ $E^o = +2{,}71$ V
$Zn(s) * Zn^{2+}(aq)\, 2Cu^{2+}(aq) * Cu(s)$ $E^o = +1{,}1$ V

Tentukan potensial sel standar $Mg(s) * Mg^{2+}(aq)\, 2\, Zn^{2+}(aq) * Zn(s)$.

Jawab

Untuk menjawab pertanyaan ini, harus disusun sel-sel yang diketahui sehingga jika dijumlahkan akan menghasilkan sel yang dimaksud.

$Cu^{2+}(aq)\ *Cu(s)\ \ 2\ Zn^{2+}(aq)\ *Zn(s) \qquad E^o = -1{,}1\ V$
$Mg(s)\ *Mg^{2+}(aq)\ 2Cu^{2+}(aq)\ *Cu(s) \qquad E^o = +2{,}71\ V$
$Mg(s)\ *\ Mg^{2+}(aq)\ 2\ Zn^{2+}(aq)\ *Zn(s) \qquad E^o_{sel} = +1{,}61\ V$ +

Sejauh Mana Pemahaman Kalian ?

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Diketahui potensial elektrode aluminium dan klor sebagai berikut.

 $Al^{3+}(aq)*Al(s) \qquad E^o = -1{,}66\ V$
 $Cl_2(g)\ *\ Cl^-(aq) \qquad E^o = +1{,}36V$

 Tentukan
 a. diagram sel *Volta* yang disusun oleh dua elektrode di atas,
 b. potensial sel standar,
 c. reaksi selnya.

2. Diketahui data potensial elektrode standar.

 $Al^{3+}(aq)*Al(s) \qquad E^o = -1{,}66\ V$
 $Mg^{2+}(aq)*Mg(s) \qquad E^o = -2{,}37\ V$
 $Cu^{2+}(aq)\ *Cu(s) \qquad E^o = +0{,}34\ V$

 a. Tuliskan diagram sel *Volta* yang dapat disusun dari ketiga elektrode tersebut.
 b. Tentukan potensial sel standar.
 c. Tentukan reaksi selnya.

3. Diketahui potensial standar beberapa sel sebagai berikut.

 $Li(s)\ *Li^+(aq)\ 2Zn^{2+}(aq)\ *Zn(s) \qquad E^o = +2{,}24\ V$
 $Mg(s)\ *\ Mg^{2+}(aq)\ 2\ Zn^{2+}(aq)\ *Zn(s) \qquad E^o = +1{,}61\ V$
 $Fe(s)\ *\ Fe^{2+}(aq)\ 2\ Cu^{2+}(aq)\ *Cu(s) \qquad E^o = +0{,}78\ V$
 $Zn(s)\ *Zn^{2+}(aq)\ 2\ Cu^{2+}(aq)\ *Cu(s) \qquad E^o = -1{,}1\ V$

 Tentukan potensial sel berikut.
 a. $Li(s)\ *Li^+(aq)\ 2\ Cu^{2+}(aq)\ *Cu(s)$
 b. $Mg(s)\ *\ Mg^{2+}(aq)\ 2\ Cu^{2+}(aq)\ *Cu(s)$
 c. $Fe(aq)\ *\ Fe^{2+}(aq)\ 2Zn^{2+}(aq)\ *Zn(s)$

6. Spontanitas reaksi redoks

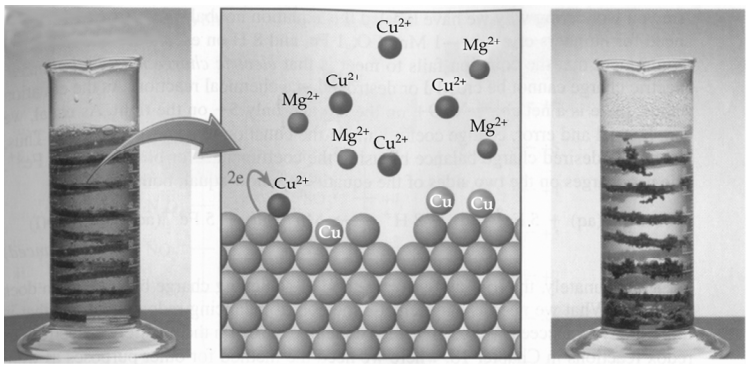
Jika potensial sel yang dihitung bernilai positif, maka reaksi sel berlangsung secara spontan dan sel akan menghasilkan arus. Seperti yang terlihat dalam reaksi antara Mg dengan Zn^{2+} sebagai berikut.

$Mg(s) * Zn^{2+}(aq)\ 2\ Mg^{2+}(aq) * Zn(s)\ E^{o}_{sel} = +1{,}61\ V$ (reaksi spontan)

Jika reaksi dibalik, maka diperoleh

$$Mg^{2+}(aq) + Zn(s) \rightarrow Mg(s) + Zn^{2+}(aq)\ E^{o}_{sel} = -1{,}61\ V\ (\text{reaksi tidak spontan})$$

Selain contoh di atas, masih ada contoh lainnya yang termasuk reaksi spontan. Perhatikan Gambar 2.4. Jika pita logam magnesium dicelupkan dalam larutan $CuSO_4$ (a), maka elektron yang berpindah dari logam magnesium menjadi ion Mg^{2+}(b). Larutan menjadi tidak berwarna meninggalkan endapan cokelat-merah setelah beberapa jam. Endapan cokelat-merah itu dikenal sebagai logam tembaga (Cu),



(a) (b) (c)

Gambar 2.4
Contoh reaksi spontan.

Sumber: General Chemistry, Hill J. W, Petrucci R. H, Mc Creary T. W, dan Perry S. S

7. Persamaan Nerst

Potensial sel yang telah dibahas di atas mengenai harga-harga E^{o}_{sel}, artinya potensial sel yang bekerja pada keadaan standar. Untuk sel pada kemolaran tertentu dan bukan pada keadaan standar dapat dihitung menggunakan persamaan *Nerst*. *Walther Nerst* adalah seorang ahli kimia fisika yang pada tahun 1889 mengemukakan hubungan potensial sel eksperimen dengan potensial sel standar sebagai berikut.

$$E_{sel} = E^{o}_{sel} - \frac{0{,}0592\ V}{n} \log Q$$

dengan E_{sel} = potensial sel eksperimen (V)
E^{o}_{sel} = potensial sel standar (V)
n = banyaknya mol elektron (mol)
Q = perbandingan kemolaran hasil reaksi dengan kemolaran pereaksi

Tokoh Kita



Walther Nerst (1864-1941) dikenal karena kesuksesannya dibidang kimia. Dia merumuskan persamaan *Nerst* pada tahun 1889 disaat usianya baru 25 tahun. Pada tahun yang sama dia membuat konsep kelarutan zat. Pada tahun 1906 dia mengajukan hipotesis yang sekarang kita kenal dengan hukum termodinamika ketiga.

Sumber: General Chemistry, Hill J. W, Petrucci R. H, Mc Creary T. W, dan Perry S. S

Contoh

Hitung potensial sel dari Mg(s) * Mg^{2+}(aq)(1 M) 2 Zn^{2+}(aq) (0,5 M)*Zn(s)
E^{o}_{sel} = +1,61 V.

Jawab

Jumlah elektron yang terlibat dalam reaksi adalah 2.

$$E_{sel} = E^{\circ}_{sel} - \frac{0{,}0592\ \text{V}}{n} \times \log Q$$

$$= 1{,}61\ \text{V} - \frac{0{,}0592\ \text{V}}{2} \times \log\left(\frac{[Mg^{2+}]}{[Zn^{2+}]}\right)$$

$$= 1{,}61\ \text{V} - \frac{0{,}0592\ \text{V}}{2} \times \log\left(\frac{[1\ \text{M}]}{[0{,}5\ \text{M}]}\right)$$

$$= 1{,}61\ \text{V} - 0{,}0296\ \text{V} \times \log 2$$

$$= 1{,}61\ \text{V} - 0{,}01\ \text{V}$$

$$= +1{,}60\ \text{V}$$

Jadi, potensial selnya sebesar + 1,60 V.

Sejauh Mana Pemahaman Kalian ?

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Berdasarkan tabel potensial elektrode standar, maka tentukan apa reaksi-reaksi berikut dapat berlangsung secara spontan atau tidak.
 a. Mg(s) * Mg^{2+}(aq) 2 Cu^{2+}(aq) *Cu(s)
 b. Cu(s) * Cu^{2+}(aq) 2 Mg^{2+}(aq) *Mg(s)
 c. Cu(s) * Cu^{2+}(aq) 2 Ag^{+}(aq) *Ag(s)
 d. Fe(s) * Fe^{2+}(aq) 2 2Cl^{-}(aq) * Cl_2(g)*Pt(s)
2. Tentukan potensial sel percobaan berikut.
 a. Zn(s) + Cu^{2+}(aq)(0,1 M) → Zn^{2+}(aq)(0,5 M) + Cu(s)
 b. 2Ag^{+}(aq)(2 M) + Mg(s) → 2Ag(s) + Mg^{2+}(aq)(0,2 M)

C. Deret Volta

Susunan unsur-unsur logam berdasarkan potensial elektrode standarnya disebut deret *Volta*. Adapun deretnya sebagai berikut.

Li K Ba Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Ni Co Sn Pb **H** Cu Hg Ag Au

Atom H (potensialnya nol) merupakan batas antara logam dengan potensial negatif dengan potensial positif. Deret *Volta* di atas dimulai dari logam dengan potensial elektrode paling negatif sehingga

- ❖ makin ke kiri letak logam dalam deret *Volta*, maka
 - ✍ logam makin reaktif (mudah melepaskan elektron)
 - ✍ logam merupakan reduktor (unsur yang mengalami oksidasi) yang semakin kuat
- ❖ makin ke kanan letak logam dalam deret *Volta*, maka
 - ✍ logam makin kurang reaktif (makin sulit melepas elektron)
 - ✍ logam merupakan oksidator (unsur yang mengalami reduksi) yang semakin kuat

Konsekuensi dari deret *Volta* adalah logam yang terletak di sebelah kiri lebih reaktif dibandingkan logam yang terletak di sebelah kanannya. Hal ini merupakan reaksi **pendesakan**.

Contoh

Periksa apa reaksi berikut dapat berlangsung atau tidak pada keadaan standar?

a. $Fe(s) + Zn^{2+}(aq) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + Zn(s)$
b. $Mg(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Mg^{2+} + Cu(s)$

Jawab

a. $Fe(s) + Zn^{2+}(aq) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + Zn(s$
Fe berada di sebelah kanan Zn sehingga Fe tidak dapat mendesak Zn. Akibatnya reaksi tidak dapat berlangsung.

b. $Mg(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Mg^{2+} + Cu(s)$
Mg berada di sebelah kiri Cu sehingga Mg dapat mendesak Cu dan reaksi dapat berlangsung.

D. Baterai dan Sel Bahan Bakar

1. Baterai kering (*Sel Leclanche*)



Gambar 2.5
Skema sel kering (sel *Leclanche*).

Sumber: Chemistry, The molecular Nature of Matter and Change, Silberberg M. S

Baterai yang paling umum digunakan orang disebut **sel atau baterai kering**. Baterai ini ditemukan oleh *Leclanch*e yang mendapat hak paten pada tahun 1866. Susunan baterai kering diperlihatkan dalam Gambar 2.5. Logam seng bertindak sebagai elektrode negatif dan juga sebagai wadah untuk komponen baterai yang lain. Elektrode positif adalah karbon tak reaktif yang diletakkan di pusat kaleng.

Baterai ini disebut "kering" karena kandungan air relatif rendah, meskipun demikian kelembaban mutlak diperlukan agar ion-ion dalam larutan dapat berdifusi di antara elektrode-elektrode itu.

Jika baterai memberikan arus, maka reaksi pada elektrode negatif melibatkan oksidasi seng. Reaksi pada elektrode positif cukup rumit, tetapi secara garis besar dapat dinyatakan sebagai berikut.

Anode : $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$

Katode : $2MnO_2(s) + 2NH_4^+(aq) + 2e^- \rightarrow Mn_2O_3(s) + 2NH_3(aq) + H_2O(l)$

Reaksi keseluruhan: $Zn(s) + 2NH_4^+(aq) + 2MnO_2(s) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Mn_2O_3(s) + 2NH_3(aq) + H_2O(l)$



Gambar 2.6
Beberapa baterai dengan berbagai ukuran dan peralatan yang menggunakan baterai.

Sumber: Dokumentasi Penerbit

Sebuah baterai kering mempunyai potensial sebesar 1,5 volt dan tidak dapat diisi ulang. Baterai ini banyak digunakan untuk peralatan yang menggunakan arus kecil seperti radio dan kalkulator.

2. Baterai alkalin

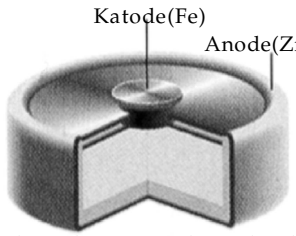
Sel yang sering digunakan sebagai ganti baterai kering adalah baterai alkalin. Baterai ini terdiri dari anode seng, katode mangan dioksida dan elektrolit kalium hidroksida. Reaksi yang terjadi sebagai berikut.

Anode : $Zn(s) + 2OH^-(aq) \rightarrow Zn(OH)_2(s) + 2e^-$
Katode : $2MnO_2(s) + 2H_2O(l) + 2e^- \rightarrow 2Mn(OH)(s) + 2OH^-(aq)$
+
Reaksi keseluruhan: $Zn(s) + 2H_2O(l) + 2MnO_2(s) \rightarrow Zn(OH)_2(s) + 2Mn(OH)(s)$

Baterai alkalin bersifat basa. Potensial dari baterai alkalin 1,5 volt, tetapi dapat bertahan lebih lama dan dapat menghasilkan dua kali energi total baterai kering dengan ukuran yang sama. Baterai alkalin digunakan untuk peralatan yang memerlukan arus lebih besar seperti tape recorder.

3. Baterai perak oksida

Baterai perak oksida adalah baterai kecil yang sering digunakan sebagai sumber tenaga miniatur dalam alat bantu pendengaran, kalkulator, dan arloji. Bagan sel ini diberikan pada Gambar 2.7. Adapun reaksi yang terjadi sebagai berikut.



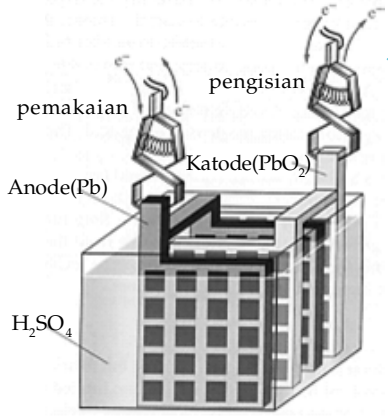
Gambar 2.7
Baterai perak oksida

Sumber: Chemistry, The molecular Nature of Matter and Change, Silberberg M. S

Anode : $Zn(s) + 2OH^-(aq) \rightarrow Zn(OH)_2(s) + 2e^-$
Katode: $Ag_2O(s) + H_2O(l) + 2e^- \rightarrow 2Ag(s) + 2OH^-(aq)$
+
Reaksi keseluruhan: $Zn(s) + H_2O(l) + Ag_2O(s) \rightarrow Zn(OH)_2(s) + 2Ag(s)$

4. Aki

Aki merupakan baterai penyimpanan sebuah automobil yang dapat diisi ulang. Aki disusun dari lempeng timbel mirip bunga karang dan timbel dioksida secara selang-seling yang disekat dengan kayu atau serat kaca dan dibenamkan dalam suatu elektrolit. Elektrolit tersebut adalah asam sulfat dalam air. Jika aki memberikan arus, maka lempeng timbal (Pb) bertindak sebagai anode dan lempeng timbal dioksida (PbO_2) sebagai katode. Reaksi yang terjadi sebagai berikut.



Gambar 2.8
Baterai (aki)

Sumber: General Chemistry, Hill J. W, Petrucci R. H, Mc Creary T. W, dan Perry S. S

$$\text{Anode}: Pb(s) + HSO_4^-(aq) \rightarrow PbSO_4(s) + H^+(aq) + 2e^-$$

$$\text{Katode}: PbO_2(s) + HSO_4^-(aq) + 3H^+(aq) + 2e^- \rightarrow PbSO_4(s) + 2H_2O(l)$$

$$\text{Reaksi keseluruhan}: Pb(s) + PbO_2(s) + 2HSO_4^-(aq) + 2H^+(aq) \rightarrow 2PbSO_4(s) + 2H_2O(l)$$

Perhatikan bahwa timbal sulfat terbentuk pada kedua elektrode. Karena tak dapat larut, maka timbal sulfat terdepositokan pada kedua elektrode di mana garam ini terbentuk. Asam sulfat terpakai dan terbentuk air. Karena asam sulfat encer kurang rapat dibandingkan asam sulfat pekat aslinya, maka rapatan larutan elektrolit ini biasanya diukur untuk menetapkan sejauh mana aki telah dipakai.

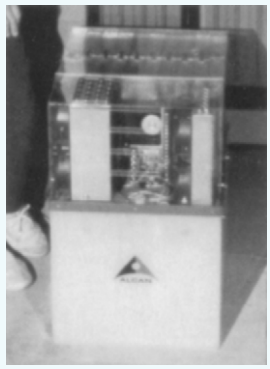
Pengisian ulang aki merupakan suatu pemaksaan terhadap elektron untuk melewati aki dengan arah berlawanan. Dalam proses elektrolisis ini semua perubahan kimia di atas dibalik. Timbal sulfat dan air diubah kembali menjadi timbal, timbal dioksida, dan asam sulfat.

Reaksi pengisian kembali sebagai berikut.

$$2PbSO_4(S) + 2H_2O(l) \rightarrow Pb(s) + PbO_2(s) + 2H_2SO_4(aq)$$

Jika diisi penuh, maka sebuah aki mempunyai potensial sel sekitar 2,1 V. Aki mobil dengan enam sel mempunyai potensial sekitar 12 V.

Tahukah Kalian



Sumber: General Chemistry, Hill J. W, Petrucci R. H, Mc Creary T. W, dan Perry S. S

Baterai udara menggunakan $O_2(g)$ dari udara sebagai oksidator Seng atau aluminium berperan sebagai reduktor. Pada baterai udara aluminium, oksidasi terjadi di anode aluminium dan reduksi di katode karbon. Larutan elektrolit yang digunakan melewati baterai adalah NaOH. Aluminium dioksidasi menghasilkan Al^{3+}, karena kemolaran OH^- pekat maka terbentuk ion kompleks $[Al(OH)]^-$ dengan reaksi sebagai berikut.

Anode : $3\{O_2(g)+2H_2O(l)+4e^- \rightarrow 4OH^-(aq)\}$

Katode: $4\{Al(s)+4OH^-(aq) \rightarrow [Al(OH)_4]^-(aq) +3e^-\}$

+

Reaksi keseluruhan: $4\{Al(s) +4O_2(g) + 6H_2O(l) + 4OH^-(aq) \rightarrow 4[Al(OH)_4]^-(aq)$

Baterai udara dapat digunakan untuk menggerakan mobil beberapa km sebelum bahan bakar ditambahkan.

5. Sel bahan bakar

Sel bahan bakar biasanya menggunakan oksigen di katode dan suatu gas yang dapat dioksidasi pada anode. Reaksi yang terjadi sebagai berikut.

Katode : $O_2(g) + H_2O(l) + 2e^- \rightarrow HO_2^-(aq) + OH^-(aq)$

$HO_2^-(aq) \rightarrow \frac{1}{2}O_2(g) + OH^-(aq)$

Anode : $H_2(g) + 2OH^-(aq) \rightarrow 2H_2O(l) + 2e^-$

+

Reaksi sel : $H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow H_2O(l)$

Penggunaan yang penting dari sel bahan bakar tetapi sulit terealisasi adalah sebagai pembangkit tenaga listrik alternatif, yang hanya sedikit menimbulkan pencemaran udara maupun pencemaran terminal pada sungai dibandingkan dengan pembangkit tenaga listrik dengan batubara.



Sel elektrokimia digolongkan atas sel primer dan sel sekunder. Sel *Daniell*, sel *Leclanche*, dan sel perak oksida termasuk sel primer, sedangkan aki dan sel bahan bakar termasuk sel sekunder.



Sejauh Mana Pemahaman Kalian ?

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Jelaskan perbedaan dari baterai kering, baterai perak oksida, dan aki.
2. Apa yang kalian ketahui tentang baterai udara? Jelaskan.
3. Bagaimana reaksi yang terjadi pada aki?
4. Apa perbedaan dari sel *Daniell* dan sel *Leclanche*?
5. Sebutkan elektrolit yang digunakan dalam sel kering.

Latihan 2

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Jelaskan bagaimana sebuah sel *Volta* dapat dirangkai dan berikan contohnya.
2. Diketahui reaksi sebagai berikut.

 $Zn(s) + Ni^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Ni(s)$
 $2Al(s) + 3Cl_2(g) \rightarrow 2AlCl_3(s)$
 $H_2(g) + 2Ag^+(aq) \rightarrow 2H^+(aq) + 2Ag(s)$
 $2H^+(aq) + Pb(s) \rightarrow H_2(g) + Pb^{2+}(aq)$
 $Mg(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Mg^{2+}(aq) + Cu(s)$

 Berdasarkan data potensial elektrode standar, maka
 a. tuliskan notasi sel voltanya,
 b. potensial sel standarnya,
 c. tentukan reaksi yang berlangsung secara spontan.
3. Bagaimana reaksi yang terjadi pada baterai kering?
4. Diketahui reaksi sebagai berikut.

 $M + 2Ag^+ \rightarrow 2Ag + M^{2+}$

 Dengan potensial sel standar sebesar 1,08 V dan logam *M* terletak di sebelah kiri hidrogen dalam deret *Volta*.
 a. Berapa potensial elektrode standar logam M?
 b. Dapatkah logam M bereaksi dengan Zn?
5. Mengapa aki dapat diisi ulang? Jelaskan reaksi yang terjadi.
6. Tentukan potensial elektrode dari sel berikut.

 $Sn(s)\ *Sn^{2+}(aq)\ (0{,}02\ M)\ 2Pb^{2+}(aq)\ (0{,}5\ M)*Pb(s)$

Ringkasan

1. Reaksi Redoks merupakan reaksi kimia yang melibatkan proses reduksi dan oksidasi secara bersamaan.
2. Penyetaraan persamaan dalam reaksi redoks dapat dilakukan dengan 2 metode, yaitu bilangan oksidasi dan ion elektron atau setengah reaksi. Metode bilangan oksidasi berdasarkan pada prinsip bahwa jumlah pertambahan bilangan oksidasi dari reduktor sama dengan jumlah penurunan bilangan oksidasi dari oksidator. Sedangkan metode bilangan ion elektron atau setengah reaksi berdasarkan pada prinsip bahwa jumlah elektron yang dilepaskan pada proses oksidasi sama dengan jumlah elektron yang diserap pada setengah reaksi reduksi.

3. Prinsip reaksi redoks dipakai dalam sel elektrokimia. Sel elektrokimia merupakan sel yang berkaitan dengan perubahan energi.
4. Sel elektrokimia dibedakan menjadi sel *Volta* dan sel elektrolisis. Sel *Volta* merupakan sel yang mengolah energi kimia menjadi elektrolistrik. Sedangkan sel elektrolisis merupakan sel yang mengubah energi listrik menjadi energi kimia.
5. Berdasarkan pada potensial standar dibuat berbagai sel dan baterai sebagai pembangkit energi (potensial). Misalnya baterai kering dari *Leclanche*, merupakan baterai sumber energi listrik yang dikenalkan oleh *Leclanche*. Baterai kering ini memakai logam seng sebagai anode (elektrode negatif) dan karbon sebagai katode (elektrode positif). Sel kering ini dapat menghasilkan energi listrik sebesar 1,5 volt. Akhirnya berkembang sel pembangkit energi lain seperti baterai alkalin, baterai perak oksida, dan sel basah.
6. Sel basa dikenal dengan nama sel aki. Sel aki memakai logam timbal dan timbal oksida sebagai elektrodenya.



A. Jawab pertanyaan di bawah ini dengan benar pada buku latihan kalian.

1. Tentukan reduktor dan oksidator dari reaksi-reaksi berikut.
 a. $5I^- + IO_3^- + 6H^+ \rightarrow 3I_2 + 3H_2O$
 b. $Cl_2 + OH^- \rightarrow ClO_4^- + Cl^- + H_2O$
 c. $CuS + HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + S + NO + H_2O$
2. Selesaikan persamaan redoks di bawah ini dengan metode bilangan oksidasi dan ion elektron.
 a. $Pb(N_3)_2 + Co(MnO_4)_3 \rightarrow CoO + MnO_2 + Pb_3O_4 + NO$
 b. $CrI_3 + H_2O_2 + OH^- \rightarrow CrO_4^{2-} + IO_4^- + H_2O$
 c. $Cu + NO_3^- + 4H^+ \rightarrow Cu^{2+} + NO + 2H_2O$
 d. $KClO_3 + H_2SO_4 \rightarrow KHSO_4 + O_2 + ClO_2 + H_2O$
3. Tulis reaksi redoks dari sel berikut, kemudian hitung potensial selnya dan ramalkan apa reaksi berlangsung spontan atau tidak.
 a. $Fe * Fe^{3+} 2\,H^+ * H_2$
 b. $Pt, I_2 * I^-\ 2\ Cl^- * Cl_2; Pt$
 c. $Mg * Mg^{2+}\ (1\,M)\ 2\,Cd^{2+}\ (2\,M) * Cd$
 d. $Ag * Ag + 2\ Cu^{2+} * Cu$
4. Jelaskan proses pengisian ulang aki dan tulis reaksi yang terjadi.
5. Jelaskan ciri-ciri reaksi yang berlangsung secara spontan.

B. Pilih salah satu jawaban yang paling tepat pada buku latihan kalian.

1. Bilangan oksidasi Cl dalam senyawa $KClO_2$ adalah
 a. –7
 b. –3
 c. 1
 d. 3
 e. 5
2. Pada reaksi redoks berikut:
 $a MnO_4^- + 16H^+ + b C_2O_4 \rightarrow c Mn^{2+} + 8H_2 + 10CO_2$
 koefisien reaksi *a*, *b*, dan *c* berurut-urut adalah ….
 a. 2, 2, dan 5
 b. 2, 5, dan 5
 c. 2, 3, dan 5
 d. 3, 5, dan 5
 e. 2, 4, dan 5
3. Unsur logam yang mempunyai bilangan oksidasi +5 terdapat pada ion
 a. CrO_4^{2-}
 b. $Cr_2O_7^{2-}$
 c. $Fe(CN)_6^{3-}$
 d. SbO_4^{3-}
 e. MnO_4^-
4. Diantara senyawa-senyawa berikut, senyawa mangan yang mempunyai bilangan oksidasi tertinggi adalah
 a. MnO
 b. MnO_2
 c. $MnSO_4$
 d. $KMnO_4$
 e. K_2MnO_4

5. Diantara reaksi redoks berikut ini yang sudah setara adalah...
 a. $4H_2O + MnO_4^- + 6I^- \rightarrow 2MnO_2 + 8OH^- + 3I_2$
 b. $Cl_2 + 2OH^- + IO_3^- \rightarrow 2Cl^- + IO_4^- + 2H_2O$
 c. $11OH^- + 6Cl_2 \rightarrow 10Cl^- + 2ClO_3 + 6H_2O$
 d. $3P + 5NO_3^- + 4OH^- \rightarrow 3PO_4^{3-} + 2H_2O + 5NO$
 e. $8MnO_4 + 3NH_3 \rightarrow 8MnO_2 + 2H_2O + 5OH^- + 3NO_3^-$

6. Pada reaksi redoks berikut.

 $Sn(s) + 4H_2O(s) \rightarrow SnO_2(s) + 4NO_2(aq) + 2H_2O(l)$

 yang berperan sebagai reduktor adalah
 a. HNO_3
 b. NO_3
 c. H_2O
 d. SnO_2
 e. Sn

7. Pada reaksi : $Cl_2(aq) + 2\ KOH(aq) \rightarrow KCl(aq) + KClO(aq) + H_2O$

 bilangan oksidasi klor berubah dari
 a. – 2 menjadi 0 dan +1
 b. – 1 menjadi +1 dan 0
 c. 0 menjadi – 1 dan – 2
 d. 0 menjadi – 1 dan +1
 e. +1 menjadi – 1 dan +1

8. Diketahui persamaan redoks berikut.
 $Al + NO_3^- \rightarrow AlO_2^- + NH_3$ (dalam suasana basa)

 Agar persamaan setara, molekul air yang harus ditambahkan adalah ... molekul.
 a. 5
 b. 4
 c. 3
 d. 2
 e. 1

9. Asam oksalat dapat dioksidasi oleh kalium permanganat menurut persamaan:
 $C_2O_4^{2-} + MnO_4^- + H^+ \rightarrow Mn^{2+} + H_2O + CO_2$

 Untuk mengoksidasi 0,02 mol ion $C_2O_4^{2-}$ diperlukan ion MnO_4^- sebanyak … mol.
 a. 0,05
 b. 0,1
 c. 0,2
 d. 0,3
 e. 0,4

10. Diketahui reaksi elektrode sebuah sel *Volta* sebagai berikut.
 $Cr^{3+} + 3e^- \rightarrow Cr \quad E^o = -0{,}74$ volt
 $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu \quad E^o = +0{,}34$ volt

 Pernyataan yang salah adalah ….
 a. elektrode Cu sebagai katode
 b. elektrode Cr sebagai anode
 c. logam Cr lebih reaktif dari Cu
 d. logam Cu mengendap pada elektrode Cu
 e. potensial standar sel adalah +1,18 volt

11. Diketahui data potensial elektrode standar sebagai berikut.
 $Zn^{2+} * Zn \quad E^o = -0{,}76$ V
 $Mg^{2+} * Mg \quad E^o = -2{,}34$ V
 $Cr^{3+} * Cr \quad E^o = -0{,}74$ V
 $Cu^{2+} * Cu \quad E^o = +0{,}34$ V

 Harga potensial sel yang terbesar terdapat pada ….
 a. Zn * Zn^{2+} $2Cu^{2+}$ *Cu
 b. Zn * Zn^{2+} $2Cr^{3+}$ *Cr
 c. Mg* Mg^{2+} $2Cr^{3+}$ *Cr
 d. Mg* Mg^{2+} $2Cu^{2+}$ *Cu
 e. Cr * Cr^{3+} $2Cu^{2+}$ *Cu

12. Diketahui potensial standar sel volta sebagai berikut.
 $Zn + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu \quad E^o = +1{,}1$ V
 Sn* Sn^{2+} $\quad E^o = +0{,}14$ V
 Cu^{2+} *Cu $\quad E^o = +0{,}34$ V

Potensial standar Zn * Zn^{2+} ** Sn^{2+} *Sn adalah ... volt.

a. 0,62
b. 0,76
c. 0,96
d. 1,24
e. 1,44

13. Berdasarkan data berikut.

Fe^{3+} * Fe^{2+}	E^o = 0,77 V
Cu^{2+} * Cu	E^o = 0,34 V
Fe^{2+} * Fe	E^o = –0,44 V
Cl_2 * $2Cl^-$	E^o = 0,34 V

Reaksi berikut yang tidak berlangsung spontan adalah

a. $Fe^{3+} + Cu \rightarrow Fe^{2+} + Cu^{2+}$
b. $Fe^{2+} + Cl_2 \rightarrow Fe^{3+} + 2Cl^-$
c. $2Fe^{2+} \rightarrow Fe + Fe^3$
d. $H_2 + Cl_2 \rightarrow 2H^+ + 2Cl^-$
e. $Fe + Cu^{2+} \rightarrow Fe^{2+} + Cu$

14. Di bawah ini yang merupakan jenis elektrode yang digunakan sebagai pembanding dengan harga potensialnya adalah

a. elektrode Cu dengan potensial nol
b. elektrode Zn dengan potensial satu
c. elektrode H dengan potensial 1
d. elektrode Mg dengan potensial nol
e. elektrode H dengan potensial nol

15. Diketahui unsur tembaga, hidrogen, besi, dan natrium. Urutan keempat unsur tersebut dalam deret *Volta* dari kanan ke kiri adalah

a. besi, hidrogen, natrium, tembaga
b. natrium, besi, hidrogen, tembaga
c. hidrogen, tembaga, besi, natrium
d. tembaga, hidrogen, besi, natrium
e. tembaga, besi, hidrogen, natrium

BAB 3

ELEKTROLISIS

Tujuan Pembelajaran

Setelah belajar bab ini, kalian diharapkan mampu:

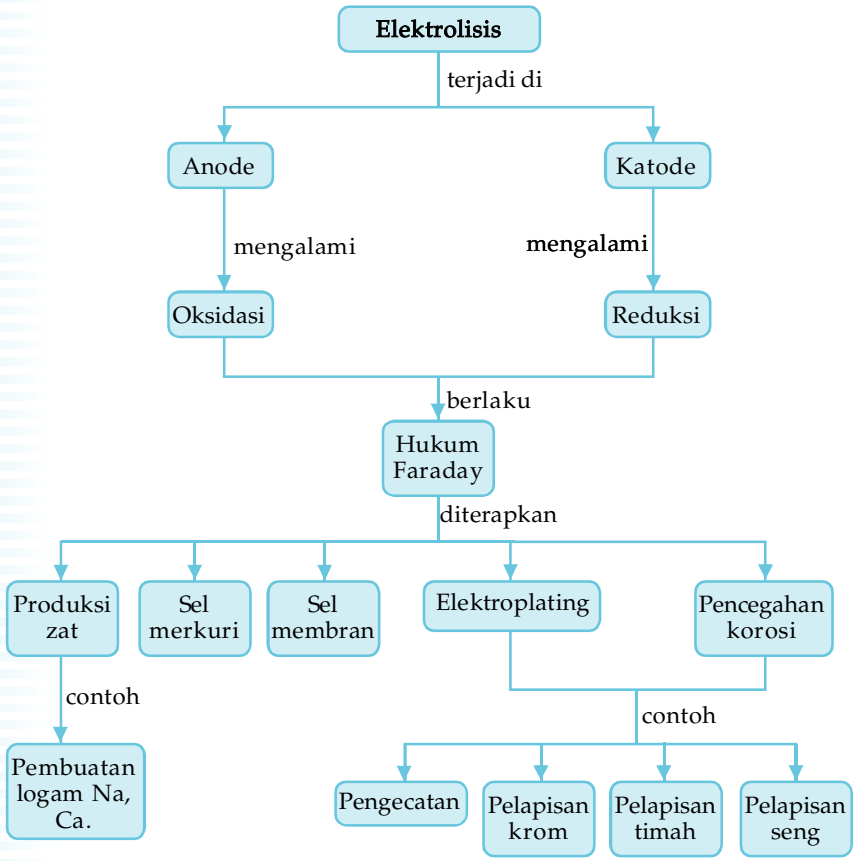
- memahami reaksi reduksi dan oksidasi yang terjadi di sel elektrolisis.



Sumber: Dokumentasi Penerbit

Pernahkah kalian melihat tumpukan kaleng bekas? Apa yang terjadi pada kaleng-kaleng tersebut jika dibiarkan di tempat terbuka? Pasti kaleng tersebut akan berkarat. Ini berarti kaleng mengalami korosi. Kalian akan memahami korosi lebih jauh pada bab ini.

Peta Konsep



Kata Kunci

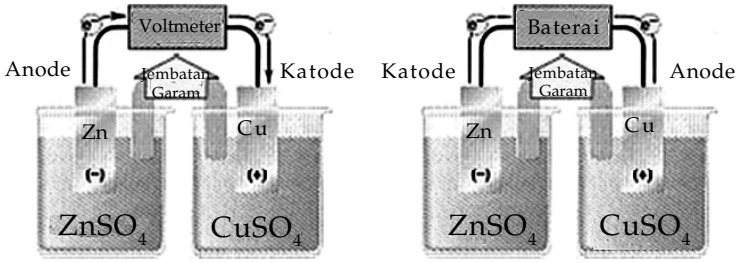
- Elektrolisis
- Hukum *Faraday*
- Elektroplating

Prasyarat Pembelajaran

Coba kalian perhatikan pagar rumah di sekitar kalian. Pagar-pagar tersebut banyak yang terbuat dari besi dan dicat supaya kelihatan bagus. Apa tujuan dari pengecatan pagar selain membuat pagar kelihatan bagus? Jelaskan.

A. Sel Elektrolisis

Elektrolisis adalah reaksi redoks yang tidak bisa berlangsung spontan. Sel elektrolisis menggunakan listrik untuk melangsungkan reaksinya. Hal ini kebalikan dari sel *V*olta yang berlangsung spontan dan menghasilkan energi listrik.



Gambar 3.1
Perbedaan sel volta dengan sel elektrolisis.
a. sel *Volta*
b. sel elektrolisis

Sumber: General Chemistry, Hill J. W, Petrucci R. H, Mc Creary T. W, dan Perry S. S

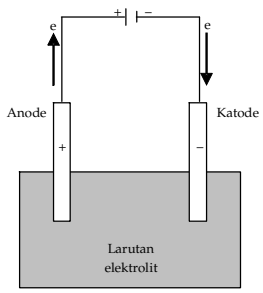
Pada Gambar 3.1(a) terlihat jika sel *Volta* dibiarkan berfungsi secara spontan, maka elektron akan mengalir dari seng ke tembaga dan reaksi yang terjadi sebagai berikut.

$$Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s) \qquad E^{o}_{sel} = 1{,}097\ V$$

Jika elektrode dihubungkan dengan arus searah pada Gambar 3.1, maka elektron mengalir berlawanan arah. Energi listrik digunakan untuk menghasilkan perubahan kimia yang tidak berlangsung secara spontan dalam reaksi elektrolisis. Reaksi dalam sel elektrolisis yang terjadi merupakan kebalikan dari reaksi sel *Volta* di atas.

$$Cu(s) + Zn^{2+}(aq) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + Zn(s) \qquad E^{o}_{sel} = -1{,}097\ V$$

Jika perbedaan potensial melebihi 1,097 V digunakan pada sel elektrolisis pada Gambar 3.1(b) dengan seng sebagai katode dan tembaga sebagai anode, maka reaksi elektrolisis tersebut dapat terjadi. Perhitungan yang sama dapat dibuat untuk reaksi elektrolisis yang lain. Tetapi pada kenyataannya, diperlukan beda potensial yang cukup nyata agar reaksi dapat berlangsung. Tambahan potensial ini disebut **overpotensial** (*overvoltage*). Overpotensial disebabkan adanya interaksi antara elektrode dan bagian yang terdapat dalam reaksi elektrode. Overpotensial ini umumnya terjadi jika reaksinya melibatkan gas, sehingga besarnya overpotensial bergantung pada jenis spesi yang terlibat



Gambar 3.2
Skema susunan sel elektrolisis.

dalam reaksi elektrolisis dan jenis elektrode yang digunakan.

1. Susunan sel elektrolisis

Sel elektrolisis tersusun atas sebuah wadah, elektrode, elektrolit, dan sumber arus searah. Pada sel elektrolisis tidak memerlukan jembatan garam. Sel elektrolisis disusun sesuai Gambar 3.2.

Ingat Kembali

Pada sel *Volta* katode bermuatan positif dan anode bermuatan negatif.

Muatan elektrode berbeda dengan sel *Volt*a. Coba kalian ingat kembali katode dan anode dalam sel *Volta*. Pada sel elektrolisis katode bermuatan negatif dan anode bermuatan positif. Reaksi yang terjadi sama seperti pada sel *Volta*, yaitu reaksi reduksi pada katode dan reaksi oksidasi pada anode. Elektron mengalir memasuki larutan melalui kutub negatif (katode). Spesi tertentu dalam larutan menyerap elektron dari katode dan mengalami reduksi. Spesi yang lain melepaskan elektron di anode dan mengalami oksidasi.

2. Reaksi-reaksi di katode

Reaksi elektrolisis yang terjadi di katode bergantung pada jenis kation dalam larutan. Jika kation berasal dari logam-logam aktif (logam golongan IA, golongan IIA, Al, dan Mn), di mana potensial elektrode logam tersebut lebih negatif daripada air, maka yang tereduksi adalah air. Jika kationnya selain logam yang telah disebutkan di atas, maka yang akan tereduksi adalah kationnya.

Contoh

- Elektrolisis larutan $CuSO_4$ yang tereduksi adalah ion Cu^{2+}. Reaksi yang terjadi di katode adalah sebagai berikut.

 $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$

Kegiatan Mandiri

Cari literatur di perpustakaan sekolah kalian tentang reaksi-reaksi elektrolisis. Buat skema reaksi-reaksi elektrolisis yang terjadi di katode dan anode. Komunikasikan dengan teman kalian.

3. Reaksi-reaksi di anode

Elektrode positif (anode) yang ikut bereaksi dengan melepas elektron mengalami oksidasi, hal ini tergantung dari jenis elektrodenya. Pada umumnya logam mempunyai potensial oksidasi yang lebih besar daripada air atau anion sisa asam. Jika elektrode terbuat dari elektrode *inert* seperti Pt, Au, dan grafit (C), maka reaksi anode tergantung pada jenis anion dalam larutan. Anion sisa asam oksi seperti SO_4^{2-}, NO_3^-, dan PO_4^{3-} mempunyai potensial oksidasi lebih positif daripada air, sehingga jika terdapat anion-anion tersebut maka yang teroksidasi adalah air. Jika anion lebih mudah dioksidasi daripada air seperti Br^- dan I^-, maka anion itu akan teroksidasi.

Contoh

- Elektrolisis larutan $CuCl_2$. Reaksi yang terjadi di anode adalah sebagai berikut.
 $4OH^-(aq) \rightarrow 2H_2O(l) + O_2(g) + 4e^-$



Sejauh Mana Pemahaman Kalian ?

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Tuliskan reaksi elektrosis berikut, jika menggunakan elektrode Pt.
 a. Larutan $MgBr_2$
 b. Larutan $ZnSO_4$
 c. Lelehan $MgCl_2$
 d. Lelehan Al_2O_3
2. Tuliskan reaksi elektrolisis larutan $AgNO_3$ dengan katode Fe dan anode Ag.



Latihan 1

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Apa yang dimaksud dengan elektrolisis?
2. Jelaskan perbedaan sel *Volta* dengan sel elektrolisis.
3. Kapan dibutuhkan overpotensial pada elektrolisis? Jelaskan.
4. Jelaskan susunan dari sel elektrolisis.
5. Kelas XII IPA-2 melakukan eksperimen elektrolisis. Zat yang digunakan adalah NaBr Cair.
 a. Tulis reaksi yang terjadi di anode.
 b. Tulis reaksi yang terjadi di katode.
6. Mengapa logam-logam alkali dan alkali tanah tidak dapat dibuat dengan elektrolisis larutan garam kloridanya? Jelaskan.
7. Sebutkan unsur-unsur yang dihasilkan dari elektrolisis larutan garam litium, iodium, dan seng. Jelaskan.

B. Meramalkan Reaksi Elektrolisis

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi hasil elektrolisis, maka dari itu dalam menuliskan reaksi elektrolisis perlu memperhatikan hal berikut.

1) Overpotensial. Overpotensial umumnya terjadi jika reaksinya melibatkan gas. Misalnya overpotensial pada penggunaan sel dengan $H_2(g)$ pada katode raksa kira-kira 1,5 V, sedangkan pada katode platina adalah nol.

2) Jika zat yang dielektrolisis mengandung beberapa spesi yang mampu menjalani oksidasi dan reduksi, maka akan terjadi kompetisi reaksi pada elektrode.

 Jika NaCl cair dielektrolisis dengan mengalirkan arus listrik ke dalam lelehan NaCl tersebut, maka terjadi satu reaksi oksidasi dan satu reaksi reduksi di mana NaCl(l) akan terurai menjadi logam natrium dan gas klor.

 Katode : $2Na^+(aq) + 2e^- \rightarrow 2Na(s)$

 Anode : $2Cl^-(aq) \rightarrow Cl_2(g) + 2e^-$

 $2\ Na^+(aq) + 2Cl^-(aq) \rightarrow 2Na(s) + Cl_2(g)$ +

 Pada elektrolisis NaCl(aq) dapat terjadi dua macam setengah-reaksi oksidasi dan dua macam setengah reaksi reduksi.

 Katode : $2Na^+(aq) + 2e^- \rightarrow 2Na(s)$ $E^o = -2{,}71$ V ... (1)

 $2H_2O(l) + 2e^- \rightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$ $E^o = -0{,}83$ V (2)

 Anode : $2Cl^-(aq) \rightarrow Cl_2(g) + 2e^-$ $E^o = -1{,}36$ V ... (3)

 $2H_2O(l) \rightarrow O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^-$ $E^o = -1{,}23$ V (4)

 Untuk setengah reaksi oksidasi potensial elektrode pada persamaan (3) dan (4) sama besarnya. Harga yang tepat tergantung pada Cl^- dan H^+. Jika larutan NaCl dipekatkan, maka cenderung terjadi reaksi ke (3) atau pembentukan klor. Jika larutan NaCl diencerkan, maka cenderung terjadi reaksi ke (4) atau pembentukan gas oksigen.

 Untuk setengah reaksi reduksi yang cenderung terjadi reaksi ke (2) atau reduksi air. Namun jika raksa digunakan sebagai katode, maka yang cenderung terjadi reaksi ke (1). Hal ini karena overpotensial gas hidrogen pada raksa tinggi.

 Dari penjelasan di atas dapat disimpulkan bahwa spesi yang mengalami reduksi di katode adalah yang mempunyai potensial elektrode lebih positif. Sedangkan spesi yang mengalami oksidasi di anode adalah yang mempunyai potensial elektrode yang lebih negatif.

3) Elektrode *inert* atau elektrode aktif.

 Elektrode yang digunakan pada elektrolisis NaCl(l) dan NaCl(aq) merupakan elektrode yang *inert*. Elektrode *inert*

adalah elektrode yang tidak terlibat dalam reaksi. Sebaliknya elektrode aktif adalah elektrode yang terlibat langsung dalam setengah reaksi, sehingga dalam meramalkan reaksinya kita harus mempertimbangkan bahan dari elektrode yang digunakan.

Contoh

Ramalkan reaksi elektrolisis larutan $AgNO_3$ yang dielektrolisis menggunakan

a. elektrode platina,
b. anode perak dan katode platina.

Jawab

a. Elektrode platina bersifat *inert* sehingga yang ada dalam larutan hanya ion Ag^+, ion NO_3^-, dan molekul air. Potensial reduksi ion perak lebih positif daripada air sehingga ion perak lebih mudah direduksi.

Katode : $Ag^+(aq) + e^- \rightarrow Ag(s)$ $\quad E^o = 0{,}800$ V

Karena ion NO_3 mempunyai atom N dengan bilangan oksidasi paling tinggi (+5), maka tidak dapat dioksidasi, sehingga reaksi oksidasi yang mungkin hanya molekul air.

Anode : $2H_2O(l) \rightarrow O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^-$ $E^o = -1{,}23$ V

Reaksi elektrolisis yang terjadi

$$4Ag^+(aq) + 2H_2O(l) \xrightarrow{\text{elektrolisis}} 4Ag(s) + O_2(g) + 4H^+(aq)$$

b. Setengah-reaksi reduksi pada katode sama dengan bagian a.

Katode : $Ag^+(aq) + e^- \rightarrow Ag(s)$ $\quad E^o = 0{,}800$ V

Tetapi anode perak merupakan elektrode aktif, sehingga yang teroksidasi pada anode adalah perak.

Anode : $Ag(s) \rightarrow Ag^+(aq) + e^-$

Keseluruhan reaksi elektrolisis merupakan perpindahan Ag sebagai Ag^+ melalui larutan dari anode ke katode.

$$Ag(s)\ \text{anode} \xrightarrow{\text{elektrolisis}} Ag(s)\ \text{katode}$$

Sejauh Mana Pemahaman Kalian ?

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Ramalkan reaksi elektrolisis $NaNO_3(aq)$ dengan elektrode platina.
2. Ramalkan reaksi elektrolisis KI(aq) dengan elektrode platina.

Latihan 2

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Apa yang dimaksud dengan elektrode *inert*? Berikan contohnya.
2. Untuk membuat logam kalium dalam industri digunakan proses elektrolisis lelehan kalium klorida dengan elektrode karbon. Ramalkan reaksi yang terjadi pada proses elektrolisis.
3. Ramalkan reaksi elektrolisis larutan nikel sulfat dengan elektrode grafit.
4. Tulis reaksi elektrolisis dari
 a. larutan nikel sulfat dengan elektrode tembaga,
 b. larutan $ZrBr_2$ dengan elektroda karbon,
 c. larutan NaOH dengan elektroda platina,
 d. larutan perak nitrat dengan katode platina dan anode perak

C. Hukum Faraday

Banyaknya perubahan kimia yang dihasilkan berbanding lurus dengan jumlah listrik yang lewat. Fakta ini ditemukan oleh *Michael Faraday* pada tahun 1834. Jumlah zat pereaksi yang diperlukan atau jumlah zat yang terbentuk selama proses elektrolisis berhubungan dengan

(1) massa molar zat,

(2) jumlah listrik yang digunakan, dan

(3) jumlah elektron yang dipindahkan pada reaksi elektrode.

Satuan standar listrik yang menyatakan banyaknya elektron yang melewati elektrolit adalah coulomb. Muatan satu elektron adalah sebesar $-1{,}6022 \quad 10^{19}$ C. Arus listrik dinyatakan dengan

ampere (A) yang merupakan laju aliran muatan listrik. Arus satu ampere adalah aliran satu coulomb per detik.

$1\ A = 1\ C\ detik^{-1}$
Muatan listrik = kuat arus waktu

Hukum Faraday I berbunyi:

"Massa zat yang dilepaskan selama elektrolisis berbanding lurus dengan jumlah listrik yang digunakan"

Jika massa zat yang dilepaskan (G) setara dengan muatan listrik (Q), maka

$G \approx Q$
$G = i \quad t$

Hukum Faraday II berbunyi:

"Massa zat yang dilepaskan pada elektrolisis berbanding lurus dengan massa ekuivalen zat itu"

$G = ME$

Penggabungan hukum *Faraday* I dan II menghasilkan persamaan baru sebagai berikut.

$G = k \quad i \quad t \quad ME$

k merupakan tetapan yang ditemukan *Faraday* yaitu sebesar $\frac{1}{96500}$. Muatan 96500 C (lebih tepat 96487 C) sebanding dengan 1 mol elektron yang lewat. Besarnya kelistrikan ini disebut satu faraday.

Jadi, untuk mencari berat zat yang dihasilkan pada proses elektrolisis dapat menggunakan persamaan berikut.

$$G = \frac{i \times t}{96500} \times ME$$

dengan G = massa zat yang dihasilkan (g)
i = kuat arus (ampere (A))
t = waktu (detik)
ME = massa ekuivalen (g)



1 faraday =
1 mol elektron =
9,65 10^4 C

Contoh

1. Berapa emas dan klor yang terbentuk, jika arus listrik 10 A melewati larutan emas(III) klorida selama 6 menit? (Ar Au = 196,73; Ar Cl = 35,45). Diketahui reaksi pada elektrode.
 Katode: $Au^{3+}(aq) + 3e^- \rightarrow Au(s)$
 Anode: $2Cl^-(aq) \rightarrow Cl_2(g) + 2e^-$

Jawab

Massa ekuivalen Au adalah $\frac{196,97}{3} = 65,66$ gram

Massa ekuivalen Cl_2 adalah $\frac{35,45}{1} = 35,45$ gram

$$\text{Au yang terbentuk} = \frac{i \times t}{96500} \times ME$$
$$= \frac{10 \times 360}{96500} \times 65,66$$
$$= 2,45 \text{ gram}$$
$$\text{Cl}_2 \text{ yang terbentuk} = \frac{i \times t}{96500} \times ME$$
$$= \frac{10 \times 360}{96500} \times 35,45$$
$$= 1,32 \text{ gram}$$

Jadi, emas yang terbentuk 2,45 g dan klor yang terbentuk 1,32 g.

2. Berapa waktu yang diperlukan untuk mengendapkan 5,60 gram besi dalam larutan besi (III) klorida dengan arus 5 A? (Ar Fe = 55,85). Diketahui reaksi pada katode:

 $Fe^{3+}(aq) + 3e^- \rightarrow Fe(s)$

Jawab

Massa ekuivalen Fe adalah $\frac{55,85}{3} = 18,62$ gram



1 A = 1 C detik^{-1}

$$G = \frac{i \times t}{96500 \text{ C}} \times ME$$
$$5,6 \text{ g} = \frac{5 \text{ A} \times t}{96500 \text{ C}} \times 18,62 \text{ gram}$$
$$t = 5804$$

Jadi, waktu yang diperlukan 5804 detik.

Sejauh Mana Pemahaman Kalian ?

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Berapa menit waktu yang diperlukan dalam elektrolisis $CuSO_4(aq)$ untuk mengendapkan 1 gram Cu pada katode dengan arus sebesar 2,25 A?
2. Suatu sel elektrolit berisi $AgNO_3(aq)$ dengan elektrode platina. Jika terdapat 2,175 gram endapan Ag(s) pada katode dengan elektrolisis selama 21 menit 12 detik. Hitung berapa ampere arus yang digunakan.

Latihan 3

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Sebutkan faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah zat pereaksi yang diperlukan atau jumlah zat yang terbentuk selama poses elektrolisis.
2. Pada elektrolisis larutan timah (II) klorida dengan elektrode karbon digunakan arus 1,93 A. Hitung waktu yang diperlukan untuk mendapatkan endapan 1,19 Sn. (Ar Sn =119).
3. Apa perbedaan dari hukum *Faraday* I dan II? Jelaskan.
4. Diketahui larutan $CuSO_4$ dielektrolisis dengan arus 2,25 A selama 22,5 menit. Hitung massa endapan Cu yang dihasilkan di katode.
5. Berapa muatan elektron yang diperlukan untuk menghasilkan 25 g Cu (s) di katode dalam elektrolisis $CuSO_4(aq)$?

D. Aplikasi Elektrolisis

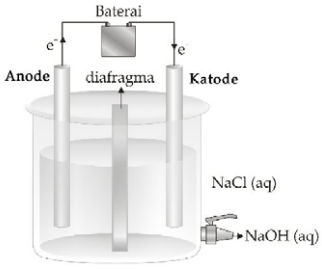
Ada beberapa aplikasi penggunaan elektrolisis terutama dalam dunia industri. Beberapa diantaranya adalah untuk memproduksi zat-zat kimia dan untuk pemurnian logam.

1. Produksi zat

Elektrolisis berperan penting dalam industri manufaktur dan pemurnian zat kimia. Beberapa zat kimia yang dapat diperoleh dengan proses elektrolisis adalah natrium, kalsium, magnesium, aluminium, tembaga, seng, perak, hidrogen, klor, fluor, natrium hidroksida, kalium dikromat, dan kalium permanganat.

Salah satu proses elektrolisis yang penting untuk keperluan komersial adalah elektrolisis larutan natrium klorida. Proses elektrolisis larutan natrium klorida disebut proses klor-alkali. Elektrolisis larutan NaCl menghasilkan natrium hidroksida di katode dan gas klor di anode. Reaksi secara keseluruhan sebagai berikut.

$$2Na^+(aq) + 2Cl^-(aq) \rightarrow 2Na^+(aq) + 2OH^-(aq) + H_2(g) + Cl_2(g)$$



Gambar 3.3
Sel Diafragma

Sumber: General Chemistry, Hill J. W, Petrucci R. H, Mc Creary T. W, dan Perry S. S

Permasalahan yang muncul pada proses klor-alkali adalah bagaimana menjaga agar gas klor yang terbentuk tidak kontak dengan larutan NaOH. Dalam larutan alkali Cl_2 akan terdispro-porsionasi menghasilkan ClO^- dan Cl^-. Untuk mencegah hal tersebut, maka ruang katode dan anode dipisahkan menggunakan sekat yang disebut sel diafragma. Sel diafragma juga menjaga bercampurnya gas hidrogen dan gas klor, karena kedua gas tersebut dapat menyebabkan terjadinya ledakan apabila bercampur.

Sel diafragma terbuat dari suatu selaput berpori yang dapat dilalui ion-ion, namun tetap dapat menahan percampuran larutan. Anode pada sel diafragma dibuat khusus dari logam titanium. Diafragma dan katode terdiri atas unit yang terbuat dari polimer asbes ditempatkan pada logam berpori.

Ruang katode yang dipisahkan oleh sel diafragma mengandung campuran NaOH (10-12%) dan NaCl (14-16%). Larutan dari ruang katode tersebut dipekatkan dengan penguapan dan pemurnian dengan pengkristalan natrium klorida. Hasil akhir dalam proses klor-alkali ini adalah 50% NaOH(aq) dengan 1% NaCl sebagai pengotor. Klor yang dihasilkan juga terdapat 1,5% $O_2(g)$ sebagai pengotor yang disebabkan proses oksidasi.

Tahukah Kalian

Harga E°_{sel} menunjukkan bahwa elektrolisis NaCl(aq) hanya memerlukan arus searah dengan tegangan lebih dari 2,19 V. Karena tahanan dalam dari sel elektrolisis dan overpotensial pada elektrode, maka diperlukan suatu tegangan yang agak lebih tinggi, yaitu sekitar 3,5 V.

Jika sebuah arus 1 A dilewatkan melalui sel diafragma secara kontinu selam 24 jam, jumlah Cl_2 yang diperoleh hanya 32 gram. Ini merupakan kecepatan produksi yang tidak berarti untuk tujuan komersial. Jika sebuah sel menghasilkan 1 ton Cl_2 per hari, maka diperlukan arus sekitar 31 A. Proses elektrolisis pada industri klor-alkali memerlukan sekitar 0,5 % dari seluruh daya listrik yang diproduksi tiap tahun di Amerika Serikat.

2. Sel merkuri

Hasil dari proses sel diafragma banyak dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, misalnya pada pembuatan rayon memerlukan NaOH(aq) dengan kemurnian yang tinggi. Suatu proses elektrolisis yang menghasilkan NaOH(aq) dengan kemurnian yang lebih tinggi adalah sel merkuri.

Katode merkuri mempunyai overpotensial yang lebih tinggi untuk mereduksi H_2O menjadi OH^- dan $H_2(g)$, sehingga reduksi yang terjadi adalah $Na^+(aq)$ menjadi Na(l) yang larut dalam merkuri membentuk suatu amalgam berupa 0,5 % Na.

Reaksi yang terjadi dalam sel merkuri sebagai berikut.

Katode : $2Na(aq) + 2e^- \rightarrow 2Na(\text{dalam Hg})$

Anode : $2Cl^-(aq) \rightarrow Cl_2(g) + 2e^-$

$$2Na(aq) + 2Cl^-(aq) \rightarrow 2Na(\text{dalam Hg}) + Cl_2(g)$$

Jika amalgam Na yang dikeluarkan dari sel ditambah air, maka akan terbentuk NaOH(aq) dan merkuri cair dikembalikan lagi ke dalam sel elektrolisis.

$$2Na(\text{dalam Hg}) + 2H_2O(l) \rightarrow 2Na^+(aq) + 2OH^-(aq) + H_2(g) + Hg(l)$$

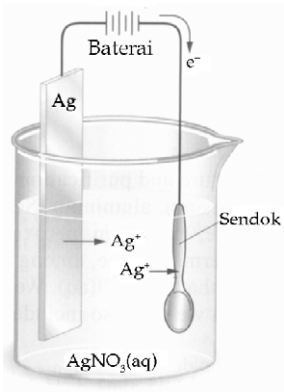
Keuntungan sel merkuri dapat menghasilkan NaOH pekat dengan kemurnian tinggi. Kelemahannya adalah memerlukan energi listrik yang lebih banyak, disamping itu merkuri mempunyai dampak negatif terhadap lingkungan.

3. Sel membran

Proses klor-alkali yang ideal adalah efisien dari segi energi dan tidak membahayakan lingkungan. Jenis sel yang memberikan keuntungan ini adalah sel membran. Sel membran sama dengan sel diafragma, hanya saja diafragma berpori diganti dengan suatu membran penukar kation dari polimer.

4. Elektroplating

Elektroplating (penyepuhan) merupakan proses elektrolisis yang dapat digunakan untuk melapisi logam dengan logam lainnya. Elektroplating dimanfaatkan untuk melindungi logam dari korosi dan memperbaiki penampilan benda. Biasanya benda yang disepuh terbuat dari logam yang murah seperti besi lalu disepuh dengan logam yang mahal seperti emas dan perak. Harga produk akhir menjadi jauh lebih mahal jika logam tersebut disepuh. Contoh jam tangan yang dilapisi dengan emas atau sendok yang dilapisi dengan perak melalui proses elektroplating.



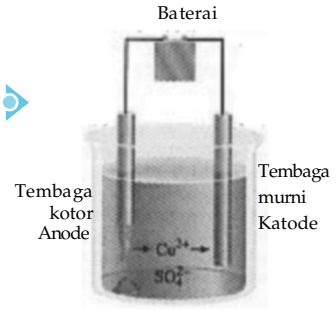
Gambar 3.4
Elektroplating sendok dengan perak.

Sumber: General Chemistry, Hill J. W, Petrucci R. H, Mc Creary T. W, dan Perry S. S

Proses elektroplating perak dapat dilihat pada Gambar 3.4. Sendok dari besi yang akan dilapisi dengan perak diletakkan sebagai katode, sedangkan sepotong logam perak murni sebagai anode. Reaksi yang terjadi sebagai berikut.

$$\text{Katode} : Ag^+(aq) + e^- \rightarrow Ag(s)$$
$$\text{Anode} : Ag(s) \rightarrow Ag^+(aq) + e^-$$
$$\overline{Ag\ (\text{Anode}) \rightarrow Ag\ (\text{Katode})}\ +$$

Pada industri skala besar elektroplating digunakan untuk proses pemurnian logam tembaga. Tembaga dengan kemurnian tinggi sangat diperlukan terutama jika digunakan sebagai penghantar listrik (kabel), karena pengotor dapat mengurangi konduktivitas listrik tembaga. Tembaga kotor sebagai anode, sedangkan lembar tipis tembaga murni sebagai katode. Proses secara keseluruhan merupakan transfer atom tembaga dari anode ke katode.



Gambar 3.5
Elektrolisis pemurnian tembaga

Sumber: General Chemistry, Hill J. W, Petrucci R. H, Mc Creary T. W, dan Perry S. S

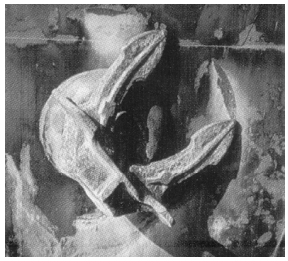
$$\text{Katode: } Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)\ \text{murni}$$
$$\text{Anode: } Cu(s)\ \text{kotor} \rightarrow Cu^{2+}(aq) + 2e^-$$
$$\overline{Cu(s)\ \text{kotor} \rightarrow Cu(s)\ \text{murni}}\ +$$

Tembaga teroksidasi lebih cepat daripada perak dan emas. Logam tersebut biasanya merupakan pengotor tembaga yang mengumpul di bawah anode pada sel elektrolisis. Kumpulan logam berharga tersebut disebut lumpur-anode yang biasanya cukup untuk membayar biaya pemurnian (*electrorefining*) tembaga.

E. Korosi

Korosi adalah reaksi redoks antara suatu logam dengan senyawa lain yang terdapat di lingkungannya (misal air dan udara) dan menghasilkan senyawa yang tidak dikehendaki. Peristiwa korosi kita kenal dengan istilah perkaratan. Korosi ini telah mengakibatkan kerugian bermilyar rupiah setiap tahunnya. Biasanya logam yang paling banyak mengalami korosi adalah besi.

Korosi terjadi melalui reaksi redoks, di mana logam mengalami oksidasi, sedangkan oksigen mengalami reduksi. Karat logam umumnya berupa oksida atau karbonat. Karat pada besi berupa zat yang berwarna cokelat-merah dengan rumus kimia $Fe_2O_3\ xH_2O$. Oksida besi (karat) dapat mengelupas, sehingga secara bertahap permukaan yang baru terbuka itu mengalami korosi. Berbeda dengan aluminium, hasil korosi berupa Al_2O_3 membentuk lapisan yang melindungi lapisan logam dari korosi selanjutnya. Hal ini dapat menerangkan mengapa panci dari besi lebih cepat rusak jika dibiarkan, sedangkan panci dari aluminium lebih awet.



Sumber: General Chemistry, Hill J. W, Petrucci R. H, Mc Creary T. W, dan Perry S. S

Gambar 3.6 Korosi menyebabkan banyak kerugian seperti terjadi pada mobil tua ini.

Korosi secara keseluruhan merupakan proses elektrokimia. Pada korosi besi, bagian tertentu dari besi sebagai anode, di mana besi mengalami oksidasi.

$$Fe(s) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + 2e^-$$

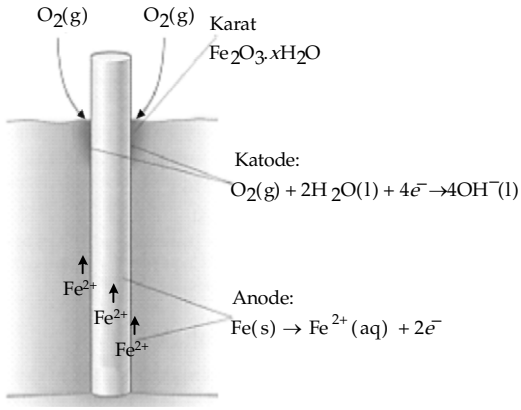
Elektron yang dibebaskan dalam oksidasi akan mengalir ke bagian lain untuk mereduksi oksigen.

$$O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \rightarrow 4OH^-(l)$$

Ion besi(II) yang terbentuk pada anode akan teroksidasi membentuk besi(III) yang kemudian membentuk senyawa oksida terhidrasi $Fe_2O_3\ xH_2O$ yang disebut karat.

1. Faktor-faktor penyebab korosi besi

Penyebab utama korosi besi adalah oksigen dan air. Proses korosi pada besi dapat dilihat pada Gambar 3.7. Kalian dapat mempelajari lebih lanjut faktor-faktor penyebab korosi dengan melakukan aktivitas berikut.



Gambar 3.7
Skema yang menggambarkan proses korosi pada besi.

Sumber: General Chemistry, Hill J. W, Petrucci R. H, Mc Creary T. W, dan Perry S. S



Aktivitas Kimia

Mempelajari korosi pada besi

Alat

- tabung reaksi
- amplas
- pemanas air

Bahan

- paku
- air
- aquades
- $CaCl_2$ (higroskopis atau menyerap air)
- kapas
- minyak tanah

Cara kerja

1. Ambil 4 tabung reaksi dan beri nomor 1 sampai 4.
2. Tabung 1, masukkan 5 ml aquades.
3. Tabung 2, masukkan 2 gram kristal $CaCl_2$, di atasnya diletakkan kapas kering.
4. Tabung 3, masukkan air yang sudah didihkan hingga penuh.
5. Tabung 4, masukkan 10 ml minyak tanah (lebih tinggi dari tinggi paku).
6. Amplas 4 batang paku hingga bersih, kemudian masukkan ke dalam masing-masing tabung.
7. Tutup tabung 2 dan 3 dengan sumbat karet hingga rapat
8. Simpan semua tabung selama 2 hari, kemudian amati apa yang terjadi.

Hasil pengamatan

Buat dan lengkapi tabel berikut pada buku kerja kalian.

Tabung	Pengamatan (berkarat/tidak)
Tabung 1	
Tabung 2	
Tabung 3	
Tabung 4	

Evaluasi dan kesimpulan

Kerjakan di buku kerja kalian.

1. Apa paku pada tabung yang terjadi perkaratan terdapat oksigen dan air?
2. Apakah paku pada tabung yang tidak terjadi perkaratan tidak terdapat oksigen dan air?
3. Tulis kesimpulan apa yang kalian peroleh dari kegiatan ini dan diskusikan dengan teman kalian.

2. Tehnik pencegahan korosi besi

Korosi pada besi menimbulkan banyak kerugian, karena barang-barang atau bangunan yang menggunakan besi menjadi tidak awet. Korosi pada besi dapat dicegah dengan membuat besi menjadi baja tahan karat (*stainless steel*), namun proses ini membutuhkan biaya yang mahal, sehingga tidak sesuai dengan kebanyakan pengunaan besi.

Cara pencegahan korosi pada besi dapat dilakukan sebagai berikut.

a. Pengecatan

Fungsi pengecatan adalah untuk melindungi besi kontak dengan air dan udara. Cat yang mengandung timbal dan seng akan lebih melindungi besi terhadap korosi. Pengecatan harus sempurna karena jika terdapat bagian yang tidak tertutup oleh cat, maka besi di bawah cat akan terkorosi. Pagar bangunan dan jembatan biasanya dilindungi dari korosi dengan pengecatan.

b. Dibalut plastik

Plastik mencegah besi kontak dengan air dan udara. Peralatan rumah tangga biasanya dibalut plastik untuk menghindari korosi.

c. Pelapisan dengan krom (*Cromium plating*)



Gambar 3.8
Cromium Plating membuat bumper mobil ini tahan karat.

Sumber: Dokumentasi Penerbit

Krom memberi lapisan pelindung, sehingga besi yang dikrom akan menjadi mengkilap. *Cromium plating* dilakukan dengan proses elektrolisis. Krom dapat memberikan perlindungan meskipun lapisan krom tersebut ada yang rusak. Cara ini umumnya dilakukan pada kendaraan bermotor, misalnya bumper mobil.

d. Pelapisan dengan timah (*Tin plating*)

Timah termasuk logam yang tahan karat. Kaleng kemasan dari besi umumnya dilapisi dengan timah. Proses pelapisan dilakukan secara elektrolisis atau elektroplating. Lapisan timah akan melindungi besi selama lapisan itu masih utuh. Apabila terdapat goresan, maka timah justru mempercepat proses korosi karena potensial elektrode besi lebih positif dari timah.

e. Pelapisan dengan seng (*Galvanisasi*)

Seng dapat melindungi besi meskipun lapisannya ada yang rusak. Hal ini karena potensial elektrode besi lebih negatif daripada seng, maka besi yang kontak dengan seng akan membentuk sel elektrokimia dengan besi sebagai katode. Sehingga seng akan mengalami oksidasi, sedangkan besi akan terlindungi.

f. Pengorbanan anode (*Sacrificial Anode*)



Gambar 3.9
Scrificial anode magnesium dipasang pada badan kapal untuk mencegah korosi.

Sumber: Chemistry, The Molecular Nature of Matter and Change, Silberberg M. S

Perbaikan pipa bawah tanah yang terkorosi mungkin memerlukan perbaikan yang mahal biayanya. Hal ini dapat diatasi dengan teknik *sacrificial anode,* yaitu dengan cara menanamkan logam magnesium kemudian dihubungkan ke pipa besi melalui sebuah kawat. Logam magnesium itu akan berkarat, sedangkan besi tidak karena magnesium merupakan logam yang aktif (lebih mudah berkarat).

Sejauh Mana Pemahaman Kalian ?

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Elektrolisis dapat digunakan di dunia industri. Sebutkan industri apa saja yang menggunakan proses elektrolisis? Jelaskan.
2. Apa yang kalian ketahui tentang sel diafragma?
3. Apa perbedaan sel diafragma dan sel membran? Jelaskan.
4. Ada panci yang terbuat dari besi dan panci terbuat dari aluminium. Mengapa panci yang terbuat dari aluminium lebih awet? Jelaskan.
5. Jelaskan cara pencegahan korosi pada besi.

Latihan 4

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Mengapa air, larutan elektrolit, dan oksigen menyebabkan korosi pada besi? Jelaskan.
2. Jelaskan mengapa *sacrificial anode* dapat melindungi besi dari korosi.
3. Jelaskan penyebab terjadinya korosi.
4. Sejak tahun 1930, pelapisan krom menggantikan nikel untuk melindungi dan melawan karatan pada bumper mobil. Bumper mobil dibuat dari baja. Bagaimana cara pelapisan krom melindungi baja dari karatan?.
5. Mengapa kaleng makanan yang terbuat dari lembaran tipis besi berlapis timah tidak boleh terkelupas permukaannya? Jelaskan.

Ringkasan

1. Sel elektrolisis mengubah energi listrik menjadi energi kimia. Elektrolisis mengandung arti penguraian oleh listrik, sehingga dalam elektrolisis diperlukan energi listrik agar suatu reaksi dapat berlangsung.
2. Anode dalam elektrolisis merupakan elektrode positif (berbeda dengan sel *Volta*) sedangkan katode merupakan elektrode negatif. Proses yang terjadi dalam anode adalah reaksi oksidasi, sedangkan dalam katode terjadi reaksi reduksi.
3. Banyaknya perubahan kimia yang dihasilkan dalam proses elektrolisis berbanding lurus dengan jumlah listrik yang lewat. Pernyataan ini dikemukakan oleh *Faraday* yang mengeluarkan dua hukum, yaitu
 a. massa zat yang dilepaskan selama elektrolisis berbanding lurus dengan jumlah listrik yang digunakan,
 b. massa zat yang dilepaskan pada elektrolisis berbanding lurus dengan massa ekuivalen yang digunakan.
4. Dalam kehidupan sehari-hari prinsip elektrolisis dipakai untuk membuat berbagai produk unsur seperti gas oksigen, gas hidrogen, berbagai logam seperti Na, tembaga, emas, dan sebagainya, serta digunakan dalam pelapisan berbagai logam untuk melindungi logam dari korosi yang dikenal dengan nama elektroplating.



A. Jawab pertanyaan di bawah ini dengan benar pada buku latihan kalian.

1. Tuliskan reaksi elektrolisis berikut.
 a. Larutan NaCl dengan elektrode C.
 b. Lelehan NaCl dengan elektrode C.
 c. Larutan $CuSO_4$ dengan elektrode Ni.
 d. Larutan $CuSO_4$ dengan elektrode Pt.
2. Jelaskan proses elektroplating pada sendok dan tuliskan pula reaksinya.
3. Berapa massa perak yang mengendap di katode, jika jumlah listrik yang mengalir melalui larutan $Ag^+(aq)$ sebesar 0,25 A selama 20 menit. (Ar Ag = 108).
4. Gelang Bu Ahmad memiliki luas permukaan 4 cm^2 akan dilapisi perak dengan cara elektrolisis. Elektrolit yang digunakan $Ag(Cn)_2^-(aq)$ dan arus listrik yang digunakan 0,5 ampere selama 2 jam. Hitung
 a. massa perak yang melapisi gelang Bu Ahmad tersebut.
 b. ketebalan lapisan perak jika massa jenis perak 10,5 g cm^{-3}.
5. Jika arus listrik sebesar 1,07 amper dialirkan ke larutan asam sulfat, maka gas hidrogen yang dihasilkan pada STP 222 mL. Waktu yang diperlukan untuk proses elektrolisis adalah 30 menit. Hitung tetapan *Faraday*.

B. Pilih salah satu jawaban yang paling tepat pada buku latihan kalian.

1. Zat yang dihasilkan pada katode dalam elektrolisis larutan natrium klorida adalah
 a. NaCl
 b. gas O_2
 c. H_2 dan NaOH
 d. gas Cl_2
 e. logam Na
2. Zat yang menghasilkan gas hidrogen di anode, jika dielektrolisis adalah
 a. NH_3
 b. $KHSO_4$
 c. Na_2SO_4
 d. HCl
 e. NaH
3. Berikut merupakan reaksi yang terjadi di anode pada elektrolisis larutan tembaga(II) sulfat dengan elektrode tembaga adalah
 a. $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$
 b. $SO_4^{2-}(aq) + H_2O(l) \rightarrow H_2SO_4(aq) + O_2(g) + 2e^-$
 c. $H_2O(l) + 2e^- \rightarrow 2OH^-(aq) + H_2(aq)$
 d. $Cu(s) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + 2e^-$
 e. $2H_2O(l) \rightarrow 4H^+(aq) + O_2(g) + 4e^-$

4. Massa perak yang diendapkan, jika arus listrik 5 A dialirkan ke dalam larutan $AgNO_3$ selama 2 jam adalah ... gram.
 a. 24,90 d. 42,09
 b. 29,40 e. 49,20
 c. 40,29

5. Pada elektrolisis KI dengan elektrode C, yang terjadi pada anode adalah
 a. logam K d. H_2O
 b. K^+ e. I_2
 c. I^-

6. Logam yang dapat mencegah korosi pipa besi yang ditanam di dalam tanah adalah
 a. nikel d. tembaga
 b. timah e. plumbun
 c. magnesium

7. Dalam proses elektrolis larutan $CuSO_4$, arus listrik sebanyak 0,1 F dilewatkan selama 2 jam. Maka jumlah tembaga yang mengendap pada katode adalah ... mol.
 a. 0,05 d. 0,25
 b. 0,1 e. 0,2
 c. 0,2

8. Zat berikut yang mempunyai sifat mereduksi adalah
 a. amilum d. selulosa
 b. laktosa e. seluloid
 c. sakarosa

9. Pada suatu elektrolisis sejumlah arus tertentu dalam waktu 2 jam membebaskan 0,504 gram H_2 (H = 1). Banyaknya O_2(O = 16) yang dapat dibebaskan oleh arus yang sama dalam waktu yang sama adalah ... gram.
 a. 1 d. 4
 b. 2 e. 5
 c. 3

10. Pada proses elektrolisis larutan $NiSO_4$ arus listrik 2 ampere dialirkan selama 9.650 detik, maka jumlah elektron yang mengalir selama proses ini adalah
 a. $6{,}02 \times 10^{23}$ d. $60{,}20 \times 10^{23}$
 b. $1{,}20 \times 10^{23}$ e. $3{,}01 \times 10^{23}$
 c. $12{,}04 \times 10^{23}$

BAB 4

KIMIA UNSUR

Tujuan Pembelajaran

Setelah belajar bab ini, kalian diharapkan mampu:

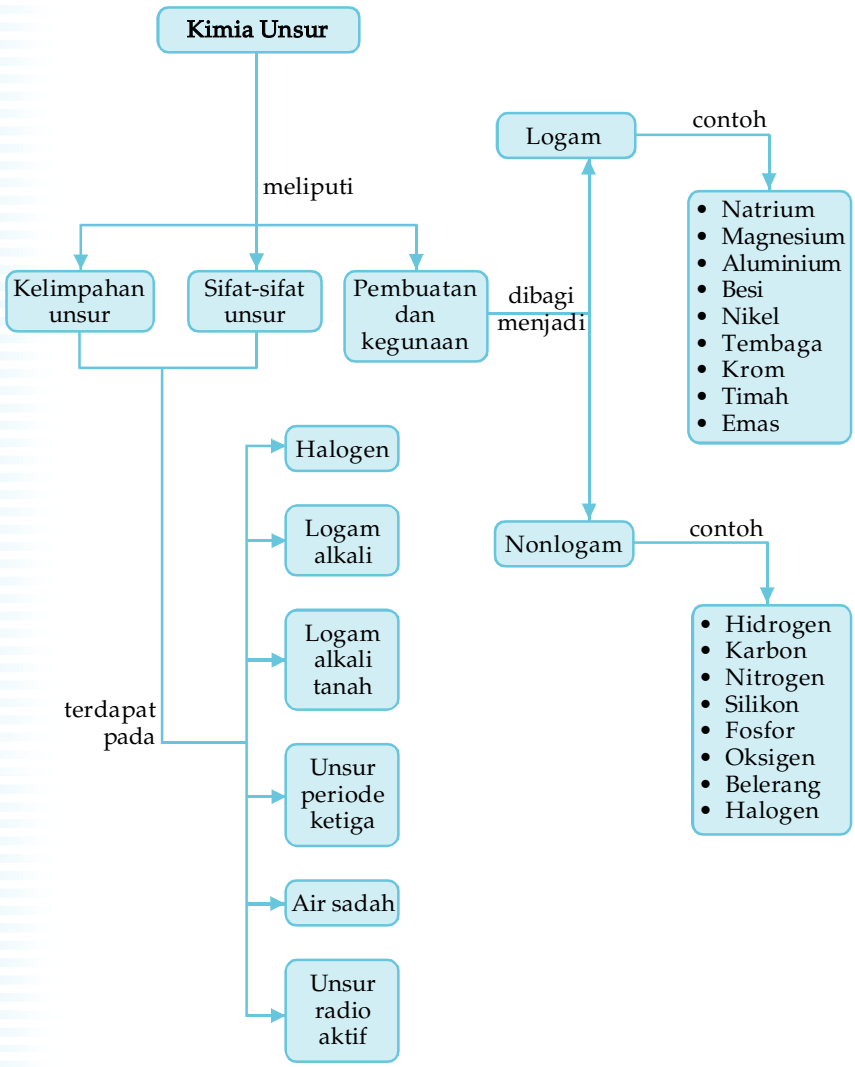
- mengidentifikasi unsur-unsur yang ada di alam dan produk-produk yang mengandung unsur tersebut;
- menjelaskan sifat-sifat fisik dan kimia suatu unsur;
- menjelaskan kegunaan, akibat, dan proses pembuatan unsur-unsur dan senyawanya dalam kehidupan sehari-hari dan industri;
- menggambarkan unsur-unsur radioaktif dari segi sifat-sifat fisik dan kimia, kegunaan, dan bahayanya.



Sumber: Dokumentasi Penerbit.

Alam dapat menyediakan berbagai macam unsur-unsur kimia untuk digunakan dalam kehidupan kita sehari-hari. Belerang merupakan salah satu unsur kimia yang dapat digunakan dalam kehidupan sehari-hari, seperti bahan baku pembuatan sabun mandi. Belerang dapat kita temukan di kawah gunung.5

Peta Konsep



Kata Kunci

- Kimia unsur
- Air sadah
- Unsur radioaktif

Prasyarat Pembelajaran

1. Sebutkan benda-benda di sekitar kalian yang terbuat dari aluminium, besi, baja, dan fosfor.
2. Apa air sadah itu? Berikan contoh air sadah di sekitar kalian.
3. Apakah kalian dapat menghitung umur fosil? Jelaskan.

A. Kelimpahan Unsur-unsur di Alam

1. Unsur-unsur di alam

Unsur-unsur di alam lebih banyak berupa senyawa dibandingkan dalam keadaan bebas sesuai bentuk unsurnya. Unsur gas mulia terdapat dalam bentuk bebas dan unsur gas mulia ditemukan dalam bentuk senyawa alami di alam. Unsur-unsur gas mulia (helium, neon, argon, kripton, xenon, dan radon) termasuk dalam 90 jenis unsur yang terdapat di alam, sedangkan sisanya merupakan unsur buatan seperti plutonium dan amerisium.

Beberapa unsur logam dapat ditemukan dalam keadaan bebas maupun dalam bentuk senyawa seperti emas, perak, platina, dan tembaga. Unsur nonlogam juga ada yang dalam keadaan bebas dan dalam bentuk senyawa seperti oksigen, belerang, nitrogen, dan karbon.



Sumber: Dokumentasi Penerbit.

Gambar 4.1
Beberapa contoh unsur logam dan nonlogam yang kita kenal.

Unsur atau senyawa yang banyak terdapat dalam bahan-bahan alam disebut **mineral**. Mineral diolah untuk diambil unsurnya, sehingga dapat digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Tidak semua mineral dilakukan pengolahan, tergantung besarnya kandungan unsur di dalamnya dan tingkat kesukaran proses pengolahannya. Dewasa ini orang lebih memilih mendaur ulang aluminium bekas daripada mengambil dari bijihnya karena biayanya lebih murah.

2. Kelimpahan unsur-unsur di kulit bumi

Unsur-unsur terdapat melimpah di kulit bumi kita, tetapi unsur-unsur tersebut mempunyai kelimpahan yang berbeda-beda. Secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Kelimpahan unsur-unsur di alam.

Unsur	% Massa	Unsur	% Massa
Oksigen	49,20	Klor	0,19
Silikon	25,67	Fosfor	0,11
Aluminium	7,50	Mangan	0,09
Besi	4,71	Karbon	0,08

Unsur	% Massa	Unsur	% Massa
Kalsium	3,39	Belerang	0,06
Natrium	2,63	Barium	0,04
Kalium	2,40	Nitrogen	0,03
Magnesium	1,93	Fluor	0,03
Hidrogen	0,87	Stronsium	0,02
Titanium	0,58	Unsur lain	0,47

Sumber: Kimia Unsur dan radiokimia, Hiskia Achmad

Udara yang kita hirup setiap hari mengandung nitrogen dan oksigen sebagai unsur dengan jumlah paling melimpah di udara. Komposisi udara secara lengkap disajikan pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Komposisi udara bersih dan kering.

Senyawa	Kelimpahan (%)
Nitrogen (N_2)	78,09
Oksigen (O_2)	20,94
Argon (Ar)	0,934
Karbon dioksida (CO_2)	0,0315
Neon (Ne)	0,0018
Helium (He)	0,00052
Metana (CH_4)	0,00010-0,00012
Kripton (Kr)	0,0001
Karbon monoksida (CO)	0,00001
Nitrogen oksida (N_2O)	0,00005
Hidrogen (H_2)	0,00005
Xenon (Xe)	0,000008
Nitrogen dioksida (NO_2)	0,000002
Ozon (O_3)	0,000001-0,000004

Sumber: Kimia Unsur dan radiokimia, Hiskia Achmad



Sumber: Dokumentasi Penerbit.

Gambar 4.2
Garam dapur (NaCl) yang kita gunakan diperoleh dari air laut yang dikeringkan. Di Indonesia tambak garam banyak terdapat di Pulau Madura.

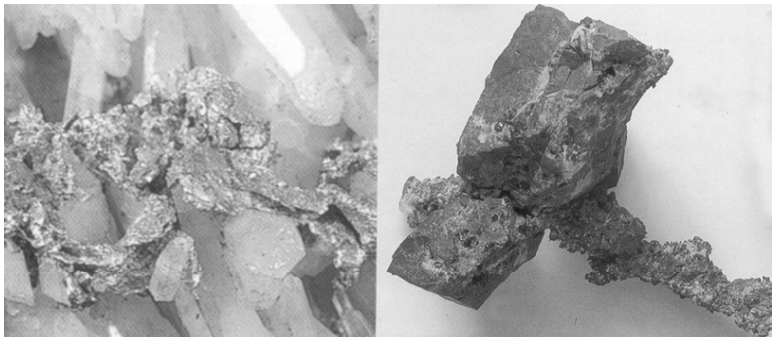
Air laut juga merupakan sumber mineral yang penting. Beberapa unsur yang diperoleh dari air laut, yaitu natrium, klor, magnesium, dan brom.

Unsur-unsur logam biasanya terdapat di bawah permukaan tanah sebagai deposit. Di Indonesia unsur-unsur logam diperoleh dari penambangan mineralnya, secara lengkap berbagai mineral sebagai sumber unsur logam disajikan dalam Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Berbagai sumber mineral unsur logam di Indonesia.

Unsur	Mineral	Lokasi
Tembaga	Kalkopirit ($CuFeS_2$) Kalkosit (Cu_2S)	Papua
Besi	Hematit (Fe_2O_3) Magnetit (Fe_3O_4) Pirit (FeS) Siderit ($FeCO_3$)	Cilacap
Aluminium	Bauksit ($Al_2O_3.nH_2O$) Kriolit (Na_3AlF_6)	Pulau Bintan
Emas	Au	Papua
Nikel	Millerit (NiS)	Sulawesi Selatan
Timah	Kasiterit (SnO_2)	Pulau Bangka

Sumber: Kimia Unsur dan radiokimia, Hiskia Achmad



Gambar 4.3
Emas dan Tembaga.

Sumber: Rocks, Minerals & Fossils of The World, Pellant Chris

Sejauh Mana Pemahaman Kalian ?

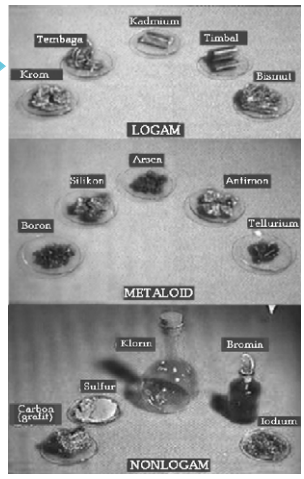
Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Sebutkan nama mineral utama beserta rumusnya dari unsur berikut.

 Emas, besi, aluminium, tembaga, dan timah.
2. Sebutkan penggunaan utama dari unsur pada soal nomor 1 di atas.

B. Sifat-sifat Unsur

Penggunaan suatu unsur atau senyawanya selalu didasarkan pada sifat-sifat unsur tersebut. Misal aluminium digunakan sebagai pelapis karena tahan korosi, karena itu kalian perlu mempelajari sifat unsur dan senyawa. Dalam memahami sifat-sifat unsur dipelajari menurut golongan unsur dalam sistem periodik.



Gambar 4.4
Beberapa unsur yang digolongkan menjadi golongan logam, metaloid, dan nonlogam.

Sumber: General Chemistry, Principles and Modern Applications, Petrucci R. H, Harwood W. S, dan Herring G. F

Sifat-sifat fisik suatu unsur menyangkut wujud, kekerasan, warna, bau, titik didih, jari-jari atom, dan kalor jenis. Adapun sifat-sifat kimia suatu unsur menyangkut kereaktifan, daya oksidasi-reduksi, dan sifat asam basa. Sifat kimia unsur dapat berkaitan dengan sifat fisiknya, misal kereaktifan unsur yang dikaitkan dengan energi ionisasinya. Pada sub bab ini kalian akan mempelajari sifat-sifat unsur berdasarkan golongannya.

1. Halogen

Halogen berada pada golongan VIIA dalam sistem periodik. Halogen berasal dari bahasa Yunani yang berarti "pembentuk garam", disebut demikian karena unsur-unsur halogen dapat bereaksi dengan logam membentuk garam. Contoh garam dapur (NaCl) yang terbentuk dari reaksi klor dengan logam natrium.

Halogen mempunyai 7 elektron valensi, sehingga golongan halogen cenderung menyerap satu elektron membentuk ion negatif. Hal ini menyebabkan halogen sangat reaktif, sehingga tidak ditemukan bebas di alam tetapi selalu dijumpai sebagai suatu persenyawaan.

Sumber halogen di alam berupa garam-garam, misal klor didapatkan sebagai NaCl dalam air laut. Brom dan iod juga didapatkan dalam air laut tetapi sangat sedikit dibandingkan klor. Iod ditemukan sebagai $NaIO_3$ yang tercampur dengan $NaNO_3$.

a. Sifat-sifat fisik

Beberapa sifat fisik halogen disajikan dalam Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Beberapa sifat fisik halogen.

	F	Cl	Br	I
Nomor atom	9	17	35	53
Konfigurasi elektron	$2s^2 2p^5$	$3s^2 3p^5$	$4s^2 4p^5$	$5s^2 5p^5$
Massa atom relatif, Ar	189,984	35,453	79,904	1,269,045
Kerapatan cairan (g cm^{-3})	1,1	1,5	3,2	4,9
Titik leleh (K)	40	171	266	386
Entalpi peleburan (kJ mol^{-1})	0,25	3,2	5,2	7,8

	F	Cl	Br	I
Titik didih (K)	85	238	332	453
Entalpi penguapan (kJ mol^{-1})	3,3	10	15	21
Afinitas elektron (kJ mol^{-1})	–335	–355	–332	–301
Energi ionisasi (kJ mol^{-})	1686	1266	1146	1016
Elektronegativitas	4,0	3,0	2,8	2,5
Jari-jari kovalen (Å)	0,64	0,99	1,14	1,33
Jari-jari ion, X^-, (Å)	1,19	1,67	1,82	2,06
Energi ikatan (kJ mol^{-})	155	242	193	151
Daya hantar molar ion, X^-	44,4	76,4	78,3	76,8
Entalpi hidrasi, X^- (kJ mol^{-})	401	279	243	201
Kalor disosiasi (kJ mol^{-})	158	242	193	151
Potensial reduksi standar (Volt) $X_2 + 2e^- \rightarrow 2X^-$	+ 2,87	+ 1,36	10,645	+ 0,535

Sumber: General Chemistry, Principles and Modern Applications, Petrucci R. H, Harwood W. S, dan Herring G. F

1) Wujud halogen

Pada suhu kamar, fluor dan klor berupa gas, brom berupa zat cair yang mudah menguap, sedangkan iod berupa zat padat yang mudah menyublim. Pada pemanasan, iod padat tidak mencair melainkan langsung menguap (menyublim).

2) Warna dan bau

Molekul halogen berwarna, karena menyerap sinar tampak sebagai hasil eksitasi elektron ke tingkat energi yang lebih tinggi. Fluor berwarna kuning muda; klor berwarna hijau kekuningan, brom berwarna merah kecokelatan; dan iod berwarna hitam dan mudah menguap membentuk uap berwarna ungu. Uap halogen sangat beracun dan berbahaya bagi pernapasan, mata, dan kulit. Brom cair merupakan salah satu reagensia yang paling berbahaya, karena efek uapnya terhadap mata dan saluran hidung serta menimbulkan luka bakar jika mengenai kulit. Unsur halogen berbau menusuk.

3) Elektronegativitas

Unsur-unsur halogen mempunyai konfigurasi elektron $ns^2 np^5$ dan merupakan unsur yang paling elektronegatif, karena mempunyai bilangan oksidasi (–1). Kecuali fluor yang selalu univalen, unsur halogen juga dapat mempunyai bilangan oksidasi (+1), (+3), (+5), dan (+7). Bilangan oksidasi (+4) dan (+6) merupakan anomali yang terdapat dalam oksida ClO_2, Cl_2O_6, dan BrO_3.

Kegiatan Mandiri

Kalian telah mengenal sifat dari flour, klor, brom, dan iod. Unsur-unsur tersebut termasuk unsur halogen. Masih adakah unsur halogen lainnya? Coba kalian cari sifat fisik dan kimianya. Gunakan internet untuk mencari literaturnya. Komunikasikan hasilnya dengan teman kalian.



Unsur halogen mempunyai sifat fisik. Wujud, warna, bau, keelektromagnitan, afinitas elektron, titik didih, titik leleh, dan energi ikatan termasuk sifat fisik unsur.

4) Afinitas elektron

Unsur-unsur halogen cenderung menangkap elektron untuk membentuk ion negatif. Afinitas elektron dari klor lebih besar dari afinitas fluor, tetapi F_2 adalah oksidator kuat dibandingkan dengan Cl_2, karena molekul fluor lebih mudah terurai menjadi atom.

5) Titik didih, titik leleh, dan energi ikatan

Titik didih dan titik leleh akan bertambah, jika nomor atom bertambah. Energi ikatan "X_2" (kalor disosiasi) berkurang, jika nomor atom bertambah besar. Kecenderungan ini hanya dapat diamati untuk Cl_2, Br_2, dan I_2. Namun energi ikatan F_2 paling rendah karena terjadi tolak-menolak antara elektron tak terikat, hal ini menyebabkan F_2 sangat reaktif.



Sejauh Mana Pemahaman Kalian ?

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Susun unsur halogen menurut kecenderungan
 a. jari-jari atomnya, mulai dari yang terbesar,
 b. titik didih, mulai dari yang terkecil,
 c. afinitas elektron, mulai dari yang terkecil,
 d. daya hantar molar, mulai dari yang terbesar,
 e. potensial elektrode standar, mulai dari yang terkecil.
2. Tentukan unsur halogen yang mempunyai ciri-ciri berikut.
 a. Berupa cairan pada suhu kamar.
 b. Mudah menyublim.
 c. Mempunyai tujuh elektron valensi.
 d. Berwarna hijau kekuningan.
 e. Uapnya berwarna ungu.

b. Sifat-sifat kimia

Sifat kimia dari unsur halogen dapat kalian pahami pada uraian berikut.

1) Kereaktifan

Afinitas elektron adalah energi yang menyertai penyerapan satu elektron oleh suatu atom netral dalam wujud gas, sehingga terbentuk ion bermuatan negatif satu. Jika membebaskan energi, maka afinitas elektron bertanda negatif. Jika menyerap energi, maka afinitas elektron bertanda

positif. Afinitas elektron menggambarkan kemampuan unsur nonlogam dalam menyerap elektron yang berarti pula dapat menunjukkan kereaktifan unsur tersebut.

Contoh $F(g) + e^- \rightarrow F^-(g)$ $\Delta H = -328$ kJ

$Cl(g) + e^- \rightarrow Cl^-(g)$ $\Delta H = -349$ kJ

2) Kelarutan

Kelarutan halogen dalam air berkurang dari fluor ke iod. Iod relatif sukar larut dalam air, karena molekulnya bersifat nonpolar. Sedangkan iod mudah larut dalam larutan yang mengandung ion I^-, karena membentuk ion polidida (I_3^-). Halogen lebih mudah larut dalam pelarut nonpolar seperti karbontetraklorida (CCl_4) atau kloroform ($CHCl_3$). Dalam pelarut tak beroksigen, iod berwarna ungu.

c. Reaksi-reaksi halogen

Halogen dapat mengalami reaksi kimia. Reaksi-reaksi tersebut dapat kalian pahami pada uraian di bawah ini.

1) Reaksi dengan halogen

Suatu senyawaan dari dua halogen disebut senyawa antarhalogen. Dalam suatu reaksi antara dua halogen, unsur yang lebih elektronegatif adalah zat pengoksidnya dan diberi bilangan oksidasi negatif dalam senyawaan tersebut.

Contoh $Br_2(g) + Cl_2(g) \rightarrow 2\overset{+1}{B}r\overset{-1}{C}l(g)$

Reaksi antarhalogen secara umum dapat dituliskan sebagai berikut.

$$X_2 + nY_2 \rightarrow 2XY_n$$

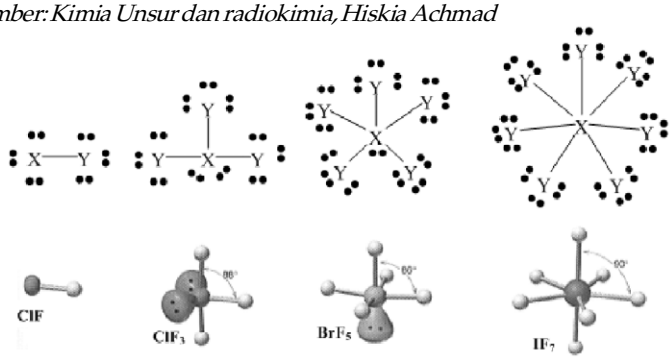
Y adalah halogen yang lebih elektronegatif dan *n* adalah bilangan ganjil (1, 3, 5, . . .). Fluor merupakan halogen yang paling mudah membentuk senyawa antarhalogen. Beberapa senyawa antarhalogen disajikan dalam Tabel 4.5, sedangkan contoh geometri molekul senyawa antarhalogen diperlihatkan pada Gambar 4.5 pada halaman 103.

Tabel 4.5 Beberapa senyawa antarhalogen.

No	Senyawa	No	Senyawa
1	ClF Gas tidak berwarna	7	BrCl Gas berwarna merah
2	ClF_3 Gas tidak berwarna	8	IF_3 Padatan berwarna kuning

No	Senyawa	No	Senyawa
3	ClF_5 Gas tidak berwarna	9	IF_5 Cairan tidak berwarna
4	BrF Gas berwarna merah	10	IF_7 Gas tidak berwarna
5	BrF_3 Cairan tidak berwarna	11	ICl Cairan berwarna tua, kristal hitam
6	BrF_5 Cairan tidak berwarna	12	ICl_3 Padatan kuning

Sumber: Kimia Unsur dan radiokimia, Hiskia Achmad



Linear Planar bentuk T Piramida tetragonal Bipiramida pentagonal

Gambar 4.5
Geometri senyawa antarhalogen.

Sumber: General Chemistry, Principles and Modern Applications, Petrucci R. H, Harwood W. S, dan Herring G. F

2) Reaksi dengan logam

Halogen bereaksi dengan unsur logam menghasilkan halida logam.

Contoh $3Br_2 + 2Al \rightarrow 2AlBr_3$
$F_2 + Cu \rightarrow CuF_2$
$2Cl_2 + 2Fe \rightarrow 2FeCl_2$

Pada umumnya halida logam mempunyai titik leleh tinggi dan lelehannya dapat menghantarkan listrik (bersifat elektrolit). Halida logam akan bersifat kovalen, jika tingkat oksidasi logamnya tinggi atau jika atom logamnya makin kecil. Hal ini nampak dalam contoh senyawa halida logam yang disajikan dalam Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Beberapa halida logam dan sifat-sifatnya

Senyawa	Wujud	Titik Leleh (^oK)	Jenis ikatan
NaF	Kristal tak berwarna	1269	Ionik
NaCl	Kristal tak berwarna	1074	Ionik
AlF_3	Kristal tak berwarna	1313	Ionik
$AlCl_3$	Bubuk putih	467	Kovalen - ionik
$SnCl_4$	Cairan tak berwarna	239	Kovalen - ionik

Sumber: Kimia Unsur dan radiokimia, Hiskia Achmad

Brom dan iod tidak bereaksi dengan emas, platinum, atau beberapa logam mulia lainnya, tetapi fluor dan klor dapat bereaksi dengan unsur yang tidak aktif ini.

3) Reaksi dengan nonlogam dan metaloid

Halogen bereaksi langsung dengan unsur nonlogam dan metaloid. Misal Z menyatakan nonlogam fosfor dan metaloid boron, arsen, dan stibium, maka reaksi secara umumnya sebagai berikut.

$$3X_2 + 2Z \rightarrow 2ZX_3$$

Reaksi halogen dengan fosfor, arsen, dan stibium menghasilkan trihalida, jika halogennya berlebih, maka dapat dihasilkan pentahalida.

$$5X_2 + 2Z \rightarrow 2ZX_5$$

Contoh $P_4(g) + 6Cl_2(g) \rightarrow 4PCl_3(g)$

$P_4(g) + 10Cl_2(g) \rightarrow 4PCl_5(g)$

Dalam reaksi ini fluor paling mudah bereaksi, sedangkan iod paling sukar bereaksi. Nitrogen tidak langsung bereaksi dengan halogen karena ketidak-aktifannya, sedangkan silikon bereaksi dengan halogen menghasilkan tetrahalida.

Contoh $Si + 2X_2 \rightarrow SiX_4$

4) Reaksi dengan senyawaan halogen lainnya

Reaksi ini dianggap sebagai reaksi penggantian. Pada reaksi ini halogen yang lebih aktif menggantikan halogen yang kurang aktif dari senyawaannya.

Contoh $F_2(g) + 2NaBr(s) \rightarrow Br_2(g) + 2NaF(s)$

$Br_2(g) + CaI_2(s) \rightarrow I_2(g) + CaBr_2(s)$

$Cl_2(g) + CaF_2(s) \rightarrow$ tidak terjadi reaksi, karena fluor lebih reaktif daripada klor.



Reaksi penggantian kita kenal sebagai reaksi substitusi.

5) Reaksi dengan hidrogen

Halogen bereaksi dengan hidrogen membentuk halida.

Contoh $Cl_2(g) + H_2(g) \rightarrow 2HCl(g)$

$Br_2(g) + H_2(g) \rightarrow 2HBr(g)$

Reaksi fluor dan klor dengan hidrogen terjadi secara meledak-ledak, tetapi brom dan iod bereaksi lambat.

6) Reaksi dengan hidrokarbon

Halogen umumnya bereaksi dengan hidrokarbon dengan menggantikan atom-atom hidrogen.

Kegiatan Mandiri

Tentukan bilangan oksidasi masing-masing unsur klor pada reaksi antara klor dengan air. Apa reaksi antara klor mengalami clisproporsionasi dalam air? Jelaskan. Komunikasikan dengan teman kalian.

Contoh $CH_4 + Cl_2 \rightarrow CH_3Cl + HCl$

$C_2H_6(g) + Br_2(g) \rightarrow C_2H_5Br(g) + HBr(g)$

7) Reaksi dengan air (hidrolisis)

Semua halogen kecuali fluor berdisproporsionasi dalam air.

Contoh $Cl_2 + H_2O(l) \rightarrow \underset{\text{Asam hipoklorit}}{HClO} + HCl$

$F_2 + H_2O \rightarrow 2HF + \frac{1}{2}O_2$ (bereaksi sangat cepat)

8) Reaksi dengan basa

Semua halogen akan bereaksi dalam larutan basa.

Contoh

$2F_2(g) + 2NaOH(aq)$ encer $\rightarrow 2NaF(aq) + F_2O(g) + H_2O(l)$

$2F_2(g) + 4NaOH(aq)$ pekat $\rightarrow 4NaF(aq) + O_2(g) + 2H_2O(l)$

$3I_2(g) + 6NaOH(aq) \rightarrow 5NaI(l) + NaIO_3(aq) + 3H_2O(l)$



Aktivitas Kimia

Mempelajari reaksi pendesakan halogen

Alat

- tabung reaksi
- pipet tetes
- gelas ukur

Bahan

- larutan klor, brom, dan iod
- larutan NaCl, NaBr, NaI, dan NaF

Cara kerja

1. Masukkan masing-masing 2 mL larutan klor ke dalam tiga tabung reaksi berbeda.
2. Tambahkan 5 tetes larutan NaBr dalam tabung reaksi 1, NaI dalam tabung reaksi 2, dan NaF dalam tabung reaksi 3.
3. Amati perubahan yang terjadi dan catat hasil pengamatan kalian.
4. Lakukan hal yang sama untuk larutan brom dan iod.

Hasil Pengamatan

Buat dan lengkapi tabel di bawah ini pada buku kerja kalian.

Ion / Unsur	Sebelum Penambahan	Setelah Penambahan			
		Cl^-	Br^-	I^-	F^-
....					
....					

Evaluasi dan kesimpulan

Kerjakan di buku kerja kalian.

1. Sempurnakan dan selesaikan reaksi-reaksi berikut.
 a) $Cl_2(g) + Br^-(aq) \rightarrow$
 b) $Cl_2(g) + I^-(aq) \rightarrow$
 c) $Cl_2(g) + F^-(aq) \rightarrow$
 d) $Br_2(g) + Cl^-(aq) \rightarrow$
 e) $Br_2(g) + I^-(aq) \rightarrow$
 f) $Br_2(g) + F^-(aq) \rightarrow$
 g) $I_2(g) + Cl^-(aq) \rightarrow$
 h) $I_2(g) + Br^-(aq) \rightarrow$
 i) $I_2(g) + F^-(aq) \rightarrow$
2. Sebutkan ion-ion yang dapat bereaksi dengan gas fluor.
3. Tuliskan reaksi antara natrium fluorida dengan gas klor, iod, dan brom.
4. Ion halida yang paling mudah melepaskan elektron adalah ion ..., sedangkan yang tersulit adalah
5. Apa yang dimaksud dengan reaksi pendesakan? Jelaskan.
6. Reaksi pendesakan berkaitan dengan sifat unsur halogen sebagai ….
7. Urutan daya oksidator halogen dari yang terbesar adalah ….
8. Kesimpulan apa yang dapat kalian peroleh dari kegiatan ini dan diskusikan dengan teman kalian.

d. Daya oksidasi halogen

Halogen bebas merupakan oksidator, dalam satu golongan dari atas ke bawah kekuatannya meningkat, yaitu $F_2 > Cl_2 > Br_2 > I_2$. Daya oksidasi halogen atau daya pereduksi ion halida berdasarkan potensial elektrodenya.

$F_2(g) + 2e^- \rightarrow 2F^-(aq) \quad E = +2{,}87$ V

$Cl_2(g) + 2e^- \rightarrow 2Cl^-(aq) \quad E = +1{,}36$ V

$Br_2(l) + 2e^- \rightarrow 2Br^-(aq) \quad E = +1{,}065$ V

$I_2(s) + 2e^- \rightarrow 2I^-(aq) \quad E = +0{,}535$ V

Jika harga potensial elektro semakin positif, maka semakin mudah mengalami reduksi dan merupakan pengoksidasi kuat. Jadi, fluor merupakan oksidator paling kuat, sedangkan F^- merupakan reduktor paling lemah.

Agar pemahaman kalian tentang daya pengoksidasi halogen lebih jelas coba lakukan aktivitas berikut.



Aktivitas Kimia

Daya pengoksidasi halogen

Alat

- tabung reaksi
- pipet tetes

Bahan

- larutan $FeSO_4$ 0,1 M
- $Fe_2(SO_4)_3$ 0,1 M
- larutan iod
- larutan klor
- larutan brom
- larutan KSCN

Cara kerja

a. Identifikasi ion Fe^{2+} dengan ion Fe^{3+}.

1. Masukkan 10 tetes larutan $FeSO_4$ dan 10 tetes larutan $Fe_2(SO_4)_3$ ke dalam tabung reaksi yang berbeda.
2. Tambahkan 1 tetes larutan KSCN pada masing-masing tabung reaksi tersebut. Amati yang terjadi dan catat hasil pengamatan kalian.

b. Penentuan daya pengoksidasi halogen.

1. Masukkan10 tetes larutan iod, klor, dan brom ke dalam tabung reaksi yang berbeda.
2. Masing-masing tabung reaksi tambahkan 1 tetes $FeSO_4$. Amati yang terjadi dan catat hasil pengamatan kalian.
3. Kemudian dalam ketiga tabung reaksi di atas, tambahkan lagi dengan 1 tetes KSCN. Amati yang terjadi dan catat hasil pengamatan kalian.

Hasil Pengamatan

Buat dan lengkapi tabel di bawah ini pada buku kerja kalian.

1. Membedakan ion Fe^{2+} dengan ion Fe^{3+}

Larutan	Sebelum Penambahan KSCN	Setelah Penambahan KSCN
$FeSO_4$		
$Fe_2(SO_4)_3$		

2. Menentukan urutan daya pengoksidasi halogen

Halogen	Sebelum Penambahan	Perubahan Setelah Penambahan	
		Larutan $FeSO_4$	$FeSO_4$ dan KSCN
....			

Evaluasi dan kesimpulan

Kerjakan di buku kerja kalian.

1. Apa yang terjadi ketika larutan $FeSO_4$ di tambah larutan KSCN? Jelaskan.
2. Apa yang terjadi ketika iod ditambah larutan $FeSO_4$? Jelaskan.
3. Halogen mana yang dapat mengoksidasi ion Fe^{2+}?
4. Tuliskan persamaan reaksi yang terjadi pada aktivitas ini.
3. Kesimpulan apa yang kalian peroleh dari aktivitas ini dan diskusikan dengan teman kalian.



Sejauh Mana Pemahaman Kalian ?

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Mengapa halida logam cenderung bersifat ionik?
2. Tuliskan persamaan reaksi berikut.
 a. arsen + brom (terbatas)
 b. arsen + brom (berlebih)
 c. silikon + klor
 d. fluor + hidrogen
 e. brom + natrium klorida
3. Apa arti tanda negatif pada afinitas elektron?
4. Bagaimana urutan kereaktifan halogen berdasarkan afinitas elektronnya?
5. Jika diketahui potensial reduksi standar sebagai berikut.

 $Fe^{3+}(aq) + e^- \rightarrow Fe^{2+}(aq)$ $\quad E = 0{,}77$ V
 $F_2(g) + 2e^- \rightarrow 2F^-(aq)$ $\quad E = 2{,}87$ V
 $I_2(s) + 2e^- \rightarrow 2I^-(aq)$ $\quad E = 0{,}54$ V
 $2X^-(aq) + 2Fe^{3+}(aq) \rightarrow X_2(aq) + 2Fe^{2+}(aq)$ $\quad E = ...?$

 Tentukan potensial reduksi standar antara ion halida dengan ion besi (II). Di mana X = F dan I.

Tahukah Kalian

Email gigi terutama mengandung hidrosiapatit, $Ca_{10}(PO_4)_6H_2O$. Asam laktat atau asam asetat yang biasa terdapat di dalam mulut cenderung melarutkan email dan menimbulkan lubang (*caries*). Ion fluorida dalam CaF_2 akan bereaksi dengan email membentuk suatu lapisan fluorapatit, $Ca_{10}(PO_4)_6F_2$, sehingga email lebih tahan terhadap serangan asam.

Dalam sebuah uji laboratorium gigi yang dicabut direndam dalam asam laktat yang dibufferkan dan laju pelarutan email diukur. Sampel gigi yang lain direndam ke dalam larutan fluorida. Hasilnya menunjukkan bahwa pelarutan email gigi akan berkurang.

Latihan 1

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Mengapa daya oksidator halogen cenderung menurun dari atas ke bawah?
2. Mengapa energi ionisasi halogen relatif sangat tinggi?
3. Mengenai klor dan astatin (At), mana yang memiliki jari-jari ion, Elektronegativitas, jumlah elektron valensi, energi ionisasi, dan titik didih yang lebih kecil?
4. Tuliskan persamaan reaksi berikut.
 a. arsen + klor berlebih
 b. fluor + iod
 c. nitrogen + brom
5. Diketahui potensial reduksi standar sebagai berikut.

F_2/F^-	$E^o = +2{,}87$ V
Cl_2/Cl^-	$E^o = +1{,}36$ V
Br_2/Br^-	$E^o = +1{,}06$ V
I_2/I^-	$E^o = +0{,}54$ V
Ca/Ca^{2+}	$E^o = +2{,}87$ V
Ni/Ni^{2+}	$E^o = +0{,}25$ V
Fe/Fe^{2+}	$E^o = +0{,}44$ V
Sn^{2+}/Sn^{4+}	$E^o = -0{,}15$ V

Dari data tersebut, pengoksidasi mana yang dapat mengubah
 a. F^- menjadi F_2,
 b. Cl^- menjadi Cl_2,
 c. Br^- menjadi Br_2,
 d. I^- menjadi I_2,
 e. Ni menjadi Ni^{2+},
 f. Sn menjadi Sn^{4+}.

2. Logam alkali

Logam alkali adalah unsur-unsur yang menempati golongan IA pada sistem periodik. Golongan ini meliputi litium (Li), natrium (Na), kalium (K), rubidium (Rb), sesium (Cs), dan fransium (Fr). Alkali berasal dari bahasa Arab yang berarti air abu. Logam-logam alkali dapat membentuk basa kuat disebut dengan logam golongan IA. Unsur pada golongan IA ini sangat reaktif, sehingga tidak dijumpai bebas di alam, melainkan dalam bentuk senyawanya. Natrium di alam dijumpai sebagai NaCl dalam air laut dan mineral halit, kalium sebagai KCl dalam bijih silvit, karnalit ($KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$), dan feldspaat ($K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$). Unsur alkali lain sedikit sekali dijumpai, sedangkan fransium bersifat radioaktif.

a. Sifat-sifat fisik

Beberapa sifat fisik logam alkali disajikan dalam Tabel 4.7. Berdasarkan data tersebut terlihat bahwa kecenderungan sifat logam alkali sangat beraturan. Dari atas ke bawah, kelektronegatifan, energi ionisasi, titik cair, dan titik leleh cenderung menurun, sedangkan jari-jari atom dan kerapatannya cenderung meningkat. Alkali termasuk logam yang lunak, sehingga mudah dipotong. Logam alkali memiliki kilap keperakan logam yang khas pada permukaan yang baru dipotong. Dalam keadaan gas, unsur-unsur alkali berupa molekul diatomik, misal Li_2 dan Na_2.

Tabel. 4.7 Sifat fisik logam alkali.

	Li	Na	K	Rb	K
Nomor atom	3	11	19	37	55
Konfigurasi elektron	[He] $2s^1$	[Ne] $3s^1$	[Ar] $4s^1$	[Kr] $5s^1$	[Xe] $6s^1$
Massa atom relatif, Ar	6,941	22,9898	39,102	39,102	132,9055
Jari-jari atom (Å)	1,52	1,86	2,31	2,44	2,62
Jari-jari ion M^+(Å)	0,6	0,95	1,33	1,48	1,69
Kerapatan (g mol^{-3})	0,53	0,97	0,86	1,59	1,90
Titik didih (K)	1604	1163	1040	975	960
Titik leleh (K)	454	371	336	312	302
Energi ionisasi pertama (kJ mol^{-1})	520	496	419	403	376
Energi ionisasi kedua (kJ mol^{-1})	7298	4562	3051	2632	2420

	Li	Na	K	Rb	K
Eelektronegativitas	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7
Kekerasan (skala mohs)[a]	0,6	0,4	0,5	0,3	0,3
Daya hantar listrik relatif[b]	17,4	35,2	23,1	13,0	8,1
Potensial reduksi standar (volt), $M^+ + e^- \rightarrow M$	3,04	2,71	2,92	2,92	2,92

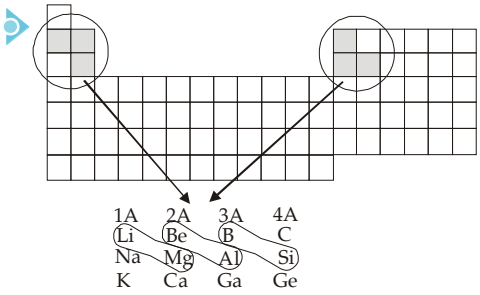
[a]Pada skala Mohs, talk mendapat skala 0 dan intan mendapat skala 10.

[b]Pada skala perbandingan terhadap perak 100 dan tembaga 95,9.

Sumber: General Chemistry, Hill J. W, Petrucci R. H, Harwood W. S, dan Herring G. F

Unsur-unsur alkali merupakan reduktor kuat. Kekuatan reduktor dapat dilihat dari potensial elektrodenya. Kecenderungan potensial elektrode alkali semakin bertambah dengan bertambahnya nomor atom. Perkecualian pada litium yang memiliki potensial elektrode terbesar. Penyimpangan ini umumnya diperlihatkan oleh unsur-unsur pada periode kedua yang dihubungkan dengan kecilnya volume atom. Dalam banyak hal, litium lebih mirip dengan magnesium dari golongan IIA, berilium yang mirip dengan aluminium, dan boron yang mirip dengan silikon. Hubungan seperti itu disebut hubungan diagonal (lihat Gambar 4.6).

Gambar 4.6
Hubungan diagonal diantara unsur-unsur.



Sumber: General Chemistry, Hill J. W, Petrucci R. H, Harwood W. S, dan Herring G. F

Unsur-unsur alkali dapat melarut dalam cairan amoniak. Larutan encer logam alkali dalam amoniak berwarna biru. Larutan ini merupakan penghantar listrik yang lebih baik daripada larutan garam. Daya hantarnya hampir sama dengan daya hantar logam murni. Larutan pekat di atas 3 M berwarna seperti perunggu tembaga dan menunjukkan kilap logam karena terbentuk kelompok ion. Kelarutan beberapa unsur alkali disajikan pada Tabel 4.8 berikut ini.

Tabel 4.8. Beberapa kelarutan alkali.

Unsur	Kelarutan g/100g NH_3
Li	10
Na	15
K	49

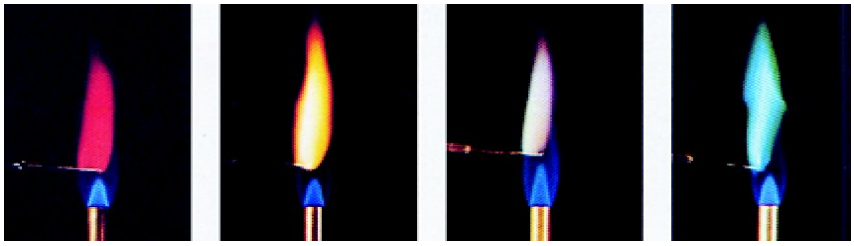
Sumber: Kimia Unsur dan radiokimia, Hiskia Achmad

Spektrum emisi adalah radiasi elektromagnetik yang dipancarkan oleh unsur yang tereksitasi. Spektrum ini teramati sebagai pancaran cahaya dengan warna tertentu yang terdiri atas beberapa garis warna (panjang gelombang) yang khas bagi setiap unsur. Spektrum emisi dapat digunakan untuk mengenali senyawa tertentu. Logam alkali akan tereksitasi ketika dipanaskan pada nyala api. Misal pada pembakar bunsen atau pembakar spiritus dengan memberikan warna nyala khas yang diberikan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9. Warna nyala logam alkali.

Unsur	Warna Nyala
Litium	Merah tua
Natrium	Kuning
Kalium	Ungu
Rubidium	Merah violet
Sesium	Biru

Sumber: General Chemistry, Hill J. W, Petrucci R. H, Mc Creary T. W, dan Perry S. S



(a) (b) (c) (d)

Sumber: General Chemistry, Hill J. W, Petrucci R. H, Mc Creary T. W, dan Perry S. S

Gambar 4.7
Nyala logam
a. litium,
b. natrium,
c. kalium,
d. sesium.

Sejauh Mana Pemahaman Kalian ?

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Sebutkan kecenderungan alkali tentang energi ionisasi, kerapatan, dan kekerasannya.
2. Logam alkali mana yang
 a. lebih ringan daripada air,
 b. paling lunak,
 c. mempunyai lima kulit pada konfigurasi elektronnya,
 d. mendidih pada suhu 702 °C,
 e. mempunyai potensial elektrode standar tertinggi,
 f. paling mudah tereduksi?

b. Sifat-sifat kimia

Ciri yang paling mencolok dari logam alkali adalah kereaktifannya cukup besar. Kereaktifan ini berkaitan dengan energi ionisasinya yang rendah, sehingga mudah melepaskan elektron. Hampir semua senyawa logam alkali bersifat ionik dan larut dalam air.

c. Reaksi-reaksi logam alkali

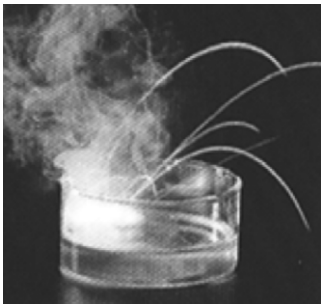
1) Reaksi dengan air

Gambar 4.8 Logam Natrium yang ditaruh dalam cairan inert.



Sumber: Target Science, Chemistry, Brian O' Pat.

Gambar 4.9 Reaksi logam kalium dengan air.



Sumber: Chemistry, The Molecular Nature of Matter and Change, Silberberg M. S

Semua logam alkali bereaksi dengan air membentuk basa dan gas hidrogen. Litium bereaksi dengan lambat, sedangkan natrium bereaksi lebih hebat disertai panas yang tinggi. Kalium, rubidium, dan sesium bereaksi semakin hebat disertai ledakan, jika dimasukkan dalam air. Logam alkali mudah bereaksi dengan air pada tangan serta menimbulkan api dan ledakan, maka jangan pernah memegang logam alkali. Reaksi secara umum dapat dituliskan sebagai berikut.

$2L(s) + 2H_2O(l) \rightarrow 2LOH(aq) + H_2(g)$ (L = logam alkali)

Gas hidrogen yang terbentuk dalam reaksi di atas akan segera terbakar karena reaksinya sangat eksoterm.

2) Reaksi dengan hidrogen

Logam alkali akan bereaksi dengan hidrogen ketika dipanaskan dan menghasilkan senyawa hidrida. Hidrida merupakan senyawa ion yang hidrogennya mempunyai bilangan oksidasi –1. Reaksi secara umum dapat dituliskan sebagai berikut.

$2L(s) + H_2(g) \rightarrow 2LH(s)$

Contoh $2Na(s) + H_2(g) \rightarrow 2NaH(s)$.

3) Reaksi dengan oksigen

Reaksi antara logam alkali dengan oksigen menghasilkan oksida (M_2O), peroksida (M_2O_2), dan superoksida (MO_2).

$4L(s) + O_2(g) \rightarrow 2L_2O(s)$

Jika oksigen berlebih natrium akan membentuk peroksida, sedangkan kalium, rubidium, dan sesium akan membentuk superoksida.

Contoh $K(s) + O_2(g) \rightarrow KO_2(s)$.

4) Reaksi dengan halogen

Reaksi logam alkali dengan halogen terjadi sangat hebat dan menghasilkan garam halida.

Contoh $2Li(s) + Cl_2(g) \rightarrow 2LiCl(s)$.

Natrium cair terbakar dalam gas klor menghasilkan nyala kuning.

5) Reaksi dengan asam encer

Reaksi secara umum dapat dituliskan sebagai berikut.

$2L + 2H^+ \rightarrow 2L^+ + H_2$

Reaksi logam alkali dengan asam encer akan menimbulkan gas hidogen disertai ledakan.

Contoh $2Na(s) + H_2SO_4(aq) \rightarrow Na_2SO_4(aq) + H_2(g)$.

Kegiatan Mandiri

Tulis persamaan reaksi antara natrium dengan air.
Apa yang terjadi jika logam fransium dimasukkan dalam air dingin? Komunikasikan dengan teman kalian.

Tahukah Kalian

Logam alkali sangat mudah bereaksi dengan air dan oksigen, sehingga harus disimpan dalam cairan yang inert. Misal minyak tanah (kerosin) atau dalam botol yang diisolasi. Namun, lama-kelamaan permukaan logam itupun juga bereaksi sedikit demi sedikit.

Logam kalium yang telah disimpan lama akan ditutupi lapisan peroksida. Jika ingin memotong logam kalium, maka harus dilakukan dengan hati-hati, karena mata pisau dapat menekan lapisan peroksida dan masuk ke dalam lapisan kalium yang pada akhirnya akan menimbulkan reaksi eksoterm. Kalor yang dibebaskan dapat mendidihkan kalium yang akan segera bereaksi dengan oksigen atau uap air di udara dan menimbulkan ledakan. Reaksinya dapat dituliskan sebagai berikut.

$KO_2(s) + 3K(s) \rightarrow 2K_2O(s)$



Sejauh Mana Pemahaman Kalian ?

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Beri penjelasan mengenai kereaktifan logam alkali.
2. Mengapa kita tidak boleh memegang logam alkali?
3. Tuliskan persamaan reaksi berikut.
 a. air + rubidium, apa yang terjadi?
 b. hidrogen + litium
 c. oksigen + natrium
 d. klor + kalium
 e. natrium + oksigen berlebih
 f. natrium + asam nitrat

3. Logam alkali tanah

Alkali tanah merupakan unsur-unsur golongan IIA dalam sistem periodik. Logam alkali tanah meliputi berilium (Be), magnesium (Mg), kalsium (Ca), stronsium (Sr), barium (Ba), dan radium (Ra). Unsur-unsur golongan ini membentuk basa seperti alkali dan umumnya ditemukan dalam tanah berupa senyawa tak larut. Oleh karena itu unsur golongan IIA disebut logam alkali tanah (*alkaline earth metal*).

Unsur-unsur alkali tanah dijumpai di alam dalam bentuk bijih mineral, yaitu berilium sebagai beril [$Be_3Al_2(SiO_3)_6$], magnesium sebagai dolomit [$MgCa(CO_3)_2$] dan karnalit [$KCl{\cdot}MgCl_2{\cdot}6H_2O$], kalsium sebagai $CaCO_3$ dalam batu kapur, kalsit, pualam, dan sebagai batu tahu atau gips [$CaSO_4{\cdot}2H_2O$], stronsium sebagai stronsionit [$SrCO_3$] dan galestin [$SrSO_4$], barium sebagai barit [$BaSO_4$], dan radium bercampur dengan uranium sebagai *pitchblende*.

a. Sifat-sifat fisik

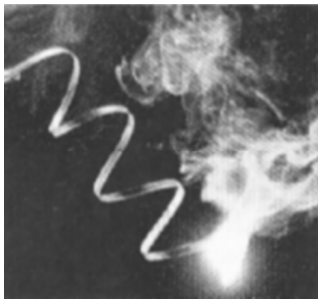
Tabel 4.10 Sifat-sifat logam alkali tanah.

	Be	Mg	Ca	Sr	Ba
Nomor atom	4	12	20	38	56
Konfigurasi electron	[He] $2s^2$	[Ne] $2s^2$	[Ar] $2s^2$	[Kr] $2s^2$	[Xe] $2s^2$
Massa atom relatif, (Ar)	9,012	34,305	40,08	87,62	137,34
Jari-jari atom, (Å)	1,11	1,60	1,97	2,15	2,17
Jari-jari ion (M^{2+}),(Å)	0,30	0,65	0,99	1,13	1,35
Kerapatan (g mol^{-3})	1,85	1,74	1,54	2,6	3,51
Titik didih (K)	3040	1380	1710	1650	1910
Titik leleh (K)	1553	924	1124	1073	1123

	Be	Mg	Ca	Sr	Ba
Energi ionisasi pertama (kJ mol^{-1})	899	738	590	590	503
kedua (kJ mol^{-1})	1757	1451	1145	1064	965
ketiga	14848	7733	4912	4210	3430
Elektronegativitas	1,5	1,2	1,0	1,0	0,9
Kekerasan, (skala mohs)	≈5	2,0	1,5	1,8	≈2
Daya hantar listrik relative	8,8	36,3	35,2	7,0	-
Potensial reduksi standar (volt), $M^{2+} + 2\,e \rightarrow M$	−1,70	−2,38	−2,76	−2,89	−2,90

Sumber: General Chemistry, Hill J. W, Petrucci R. H, Mc Creary T. W, dan Perry S. S

Berbagai sifat fisik unsur alkali tanah diberikan dalam Tabel 4.10. Dalam satu golongan dari atas ke bawah jari-jari atom semakin bertambah, sehingga menyebabkan penurunan energi ionisasi dan keelektronegatifan unsur ini. Elektronegativitas unsur alkali tanah relatif kecil, sehingga mudah membentuk senyawa ion positif dan sangat mudah bereaksi dengan unsur-unsur yang mempunyai keelektronegatifan besar, seperti golongan oksigen dan halogen. Titik leleh unsur golongan ini berubah secara tidak teratur, karena mempunyai struktur kristal yang berbeda. Be dan Mg berupa heksagonal terjejal, Ca berupa heksagonal terjejal dan kubus berpusat muka, Sr sebagai kubus berpusat muka, dan Ba sebagai kubus berpusat badan.



Sumber: General Chemistry, Principles and Modern Applications, Hill J. W, Petrucci R. H, Mc Creary T. W, dan Perry S. S

Gambar 4.10
Nyala putih terang logam magnesium.

Unsur-unsur golongan alkali tanah mempunyai dua elektron valensi yang terlibat dalam pembentukan ikatan logam. Oleh Karena itu, logam alkali tanah mempunyai energi kohesi yang lebih besar, sehingga logamnya lebih keras dan titik lelehnya lebih tinggi jika dibandingkan dengan logam alkali. Seperti halnya logam alkali, logam alkali tanah dalam nyala bunsen memberikan warna nyala yang sangat spesifik.

Unsur alkali tanah bersifat reduktor kuat, kekuatan reduktor dapat dilihat dari harga potensial elektrodenya. Potensial elektrode golongan ini meningkat dari kalsium ke barium. Berilium menunjukkan penyimpangan, karena potensial elektrodenya relatif kecil yang disebabkan energi ionisasi tingkat pertama dan tingkat kedua yang relatif besar.

Kegiatan Mandiri

Tulis persamaan reaksi antara natrium dengan air.
Apa yang terjadi jika logam fransium dimasukkan dalam air dingin?
Komunikasikan dengan teman kalian.

Tabel 4.11 Warna nyala unsur alkali tanah.

Unsur	Warna Nyala
Berilium	Putih
Magnesium	Putih
Kalsium	Jingga-merah
Stronsium	Merah
Barium	Hijau

Sumber: General Chemistry, Hill J. W, Petrucci R. H, Mc Creary T. W, dan Perry S. S

Sejauh Mana Pemahaman Kalian ?

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Buat tabel periodik dan tentukan mana yang termasuk golongan alkali dan alkali tanah.
2. Mengapa kekerasan logam alkali tanah lebih besar dari logam alkali?
3. Mengapa kecenderungan titik leleh unsur alkali tanah tidak beraturan?
4. Unsur alkali tanah mana, yang
 a. berwujud cair pada suhu 655 ^{o}C,
 b. mempunyai energi ionisasi terbesar,
 c. mempunyai potensial elektrode terkecil,
 d. tidak memiliki sifat daya hantar listrik,
 e. memberi warna nyala hijau pada pemanasan?
5. Tuliskan persamaan reaksi antara logam stronsium dengan air.
6. Jelaskan mengapa kereaktifan unsur alkali dan alkali tanah semakin besar, jika nomor atomnya semakin besar.
7. Logam-logam alkali dan alkali tanah adalah pereduksi yang kuat. Apakah pernyataan tersebut benar? Jelaskan.
8. Mengapa logam alkali tanah dalam nyala bunsen memberikan warna nyala yang spesifik? Jelaskan.



Aktivitas Kimia

Mengamati warna nyala logam alkali dan alkali tanah

Alat

- kaca arloji
- kawat nikrom
- tabung reaksi
- pipet
- pembakar bunsen

Bahan

- kristal NaCl dan kristal senyawa logam alkali dan alkali tanah lainnya
- HCl pekat

Cara kerja

1. Siapkan kristal NaCl dalam kaca arloji.
2. Isi 2 tabung reaksi masing-masing dengan 1 mL HCl pekat.
3. Celupkan ujung kawat nikrom dalam tabung reaksi 1 dan masukkan dalam nyala api bunsen. Lakukan hal ini sampai kawat tidak memberikan warna nyala lain.
4. Celupkan ujung kawat nikrom tersebut dalam tabung reaksi 2 kemudian dalam kristal NaCl. Selanjutnya masukkan ujung kawat nikrom tersebut dalam nyala api bunsen yang panas.
5. Amati warna nyala yang terjadi dan catat hasil pengamatan kalian.
6. Ulangi kegiatan yang sama untuk kristal logam yang lain.

Hasil pengamatan

Buat dan lengkapi tabel di bawah ini pada buku kerja kalian.

Unsur	Warna Nyala
NaCl	
.....	
Dst	

Evaluasi dan kesimpulan

Kerjakan di buku kerja kalian.

1. Apa fungsi HCl dalam kegiatan ini?
2. Spesi mana yang memberikan warna nyala dari logam-logam tersebut? Apa ada warna nyala yang sama?
3. Tulis kesimpulan hasil pengamatan yang telah kalian lakukan dan diskusikan dengan teman kalian.

b. Sifat-sifat kimia

1) Kereaktifan logam alkali tanah

Kereaktifan unsur-unsur golongan alkali tanah cenderung meningkat dari berilium ke barium. Hal ini dikarenakan jari-jari atomnya semakin bertambah, sehingga menyebabkan berkurangnya energi ionisasi dan keelektronegatifan. Energi ionisasi dan keelektronegatifan golongan alkali tanah kecil, sehingga cenderung melepas elektron membentuk senyawa ion. Senyawa berilium bersifat kovalen, magnesium membentuk beberapa senyawa kovalen, senyawa kalsium, stronsium, dan barium membentuk senyawa ion.

Sifat kimia logam alkali tanah mempunyai kemiripan dengan logam alkali, tetapi logam alkali tanah kurang reaktif dari logam alkali dalam satu periode. Kereaktifan kalsium, stronsium, dan barium tidak berbeda jauh dari logam alkali, tetapi berilium dan magnesium jauh kurang.

2) Kelarutan senyawa logam alkali tanah

Logam alkali tanah mempunyai perbedaan dengan logam alkali dalam hal kelarutannya. Senyawa logam alkali pada umumnya larut dalam air, sedangkan logam alkali tanah banyak yang sukar larut dalam air. Hal ini dapat dilihat pada nilai tetapan hasil kelarutan (K_{sp}) beberapa senyawa logam alkali tanah pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Tetapan hasil kelarutan beberapa senyawa alkali tanah

Anion / Kation	OH^-	CO_3^{2-}	SO_4^{2-}	$C_2O_4^{2-}$	CrO_4^{2-}
Be^{2+}	2×10^{-18}	-	Besar	Kecil	Besar
Mg^{2+}	$1{,}8 \times 10^{-11}$	$3{,}5 \times 10^{-8}$	Besar	$8{,}6 \times 10^{-5}$	Besar
Ca^{2+}	$5{,}5 \times 10^{-6}$	$2{,}8 \times 10^{-9}$	$9{,}1 \times 10^{-6}$	2×10^{-9}	$7{,}1 \times 10^{-4}$
Sr^{2+}	$3{,}2 \times 10^{-4}$	$1{,}1 \times 10^{-10}$	$7{,}6 \times 10^{-7}$	2×10^{-7}	$3{,}6 \times 10^{-5}$
Ba^{2+}	5×10^{-3}	$5{,}1 \times 10^{-9}$	$1{,}1 \times 10^{-10}$	$1{,}6 \times 10^{-7}$	$1{,}2 \times 10^{-10}$

Sumber: General Chemistry, Hill J. W, Petrucci R. H, Mc Creary T. W, dan Perry S. S

Kesimpulan yang didapatkan berdasarkan data di atas sebagai berikut.

- Kelarutan basa bertambah dari $Be(OH)_2$ ke $Ba(OH)_2$ dengan kecenderungan $Be(OH)_2$ dan $Mg(OH)_2$ sukar larut, $Ca(OH)_2$ sedikit larut, sedangkan $Sr(OH)_2$ dan $Ba(OH)_2$ mudah larut.
- Semua garam karbonat sukar larut.

- Kelarutan garam sulfat berkurang dari $BeSO_4$ ke $BaSO_4$.
- Semua garam oksalat sukar larut, kecuali MgC_2O_4.
- Kelarutan garam kromat berkurang dari $BeCrO_4$ ke $BaCrO_4$.

Contoh

Diketahui data K_{sp} beberapa kation alkali tanah sebagai berikut.

	OH^-	$Cr_2O_4^{2-}$	CO_3^{2-}
Mg^{2+}	$1{,}8 \times 10^{-8}$	$8{,}6 \times 10^{-5}$	1×10^{-15}
Sr^{2+}	$3{,}2 \times 10^{-4}$	2×10^{-7}	$1{,}1 \times 10^{-10}$

Sumber: General Chemistry, Principles and Modern Applications, Petrucci R. H, Harwood W. S, dan Herring G. F

Jika tersedia larutan NaOH 0,1 M; $Na_2C_2O_4$ 0,1 M; dan Na_2CO_3 0,1 M; larutan mana yang paling sempurna memisahkan ion Mg^{2+} dengan ion Sr^{2+} dari campurannya?

Jawab

Untuk memisahkan kation logam alkali tanah didasarkan pada kelarutan kation terhadap pelarut tertentu. Pemisahan dapat dilakukan dengan menambahkan pereaksi yang akan mengendapkan salah satu kation dan meninggalkan kation yang lain. Adapun pemisahan sempurna terjadi jika perbedaan kelarutan kation cukup besar, sehingga dalam kasus ini pelarut yang baik untuk memisahkan Mg^{2+} dengan Sr^{2+} adalah NaOH. Karena Mg^{2+} akan diendapkan, sedangkan Sr^{2+} tidak.

c. Reaksi-reaksi logam alkali tanah

1) Reaksi dengan oksigen

Reaksi logam alkali tanah dengan oksigen menghasilkan oksida (MO). Oksida dari golongan IIA ini merupakan zat padat putih dengan titik leleh yang sangat tinggi. Oksida ini cenderung bereaksi perlahan-lahan dengan air dan karbon dioksida dalam udara, membentuk hidroksida, dan karbonat. Perkecualian untuk berilium dan magnesium, reaksinya dengan oksigen di udara akan membentuk lapisan oksida pada permukaan logam, sehingga menghambat korosi selanjutnya. Sifat basa golongan alkali tanah semakin kuat dari atas ke bawah.

Contoh

$2Mg(s) + O_2(g) \rightarrow 2MgO(l)$

$MgO(l) + H_2O(l) \rightarrow Mg(OH)_2(aq)$

2) Reaksi dengan air

Kalsium, stronsium, dan barium bereaksi baik dengan air membentuk basa dan gas hidrogen. Magnesium bereaksi sangat lambat dengan air dingin dan sedikit lebih baik dengan air panas, sedangkan berilium tidak bereaksi.

Contoh

$Mg(s) + 2H_2O(l) \rightarrow Mg(OH)_2(aq) + H_2(g)$

3) Reaksi dengan halogen

Semua logam alkali tanah bereaksi dengan halogen (X_2) membentuk halida. Lelehan halida dari berilium mempunyai daya hantar listrik yang buruk. Hal ini menunjukkan halida berilium bersifat kovalen.

Contoh

$Mg(s) + Cl_2(g) \rightarrow MgCl_2(s)$

4) Reaksi dengan asam

Logam golongan IIA bereaksi dengan asam kuat membentuk garam dan gas hidrogen. Reaksi semakin hebat dari berilium ke barium.

Contoh

$Ca(s) + 2HCl(aq) \rightarrow CaCl_2(aq) + H_2(g)$

Selain beraksi dengan asam, berilium juga bereaksi dengan basa kuat.

$Be(s) + 2NaOH(aq) + 2H_2O(l) \rightarrow Na_2Be(OH)_4(aq) + H_2(g)$



Aktivitas Kimia

Identifikasi kation logam alkali tanah

Alat

- tabung reaksi
- pipet tetes

Bahan

- larutan Ba(II), Sr(II), Ca(II), dan Mg(II) 0,1 M
- larutan $NH_{-4}CO_3$, $NH_4C_2O_4$, NH_4OH, dan K_2CrO_4 1 M

Cara kerja

1. Masukkan masing-masing 1 mL larutan Ba(II) ke dalam empat tabung reaksi yang berbeda.
2. Tambahkan 2 mL larutan NH_4OH ke dalam tabung 1, NH_4CO_3 dalam tabung 2, $NH_4C_2O_4$ dalam tabung 3, dan K_2CrO_4 dalam tabung 4.
3. Amati perubahan yang terjadi dan catat hasil pengamatan kalian.
4. Ulangi langkah 1 sampai 3 untuk larutan Sr(II), Ca(II), dan Mg(II).

Hasil pengamatan

Buat dan lengkapi tabel di bawah ini pada buku kalian.

Larutan kation alkali tanah 0,1 M	Pereaksi			
	NH_4OH	NH_4CO_3	$NH_4C_2O_4$	K_2CrO_4
Ba(II)				
Sr(II)				
Ca(II)				
Mg(II)				

Evaluasi dan kesimpulan

Kerjakan di buku kerja kalian.

1. Apa yang terjadi jika ion karbonat ditambahkan dalam larutan yang mengandung ion Ba^{2+}, Sr^{2+}, Ca^{2+}, dan Mg^{2+}?
2. Mengapa dalam reaksi logam alkali tanah dengan berbagai garam di atas, ada yang menimbulkan endapan dan ada yang tidak? jelaskan.
3. Kesimpulan apa yang kalian peroleh dari kegiatan pengenalan kation logam alkali tanah yang telah dilakukan?
4. Diskusikan dengan teman kalian.

Sejauh Mana Pemahaman Kalian ?

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Bandingkan kereaktifan litium dengan berilium dan kalsium dengan magnesium.
2. Jelaskan kecenderungan kekuatan basa dari logam alkali tanah.

3. Tuliskan persamaan reaksi setara berikut ini.
 a. kalsium + oksigen
 b. kalsium oksida + air
 c. stronsium + air
 d. magnesium + bromin
 e. barium + klor
4. Apa yang terjadi jika larutan jenuh $Ca(OH)_2$ dicampur dengan larutan jenuh $Be(OH)_2$? Jelaskan jawaban kalian berdasarkan nilai K_{sp}-nya.

Latihan 2

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Mengapa unsur golongan IA disebut alkali?
2. Diantara unsur Na, K, Mg, dan Ca, mana yang termasuk
 a. oksidator terkuat,
 b. mempunyai titik didih terendah,
 c. merupakan logam yang paling lunak,
 d. mempunyai jari-jari atom terbesar,
 e. mempunyai keelektronegatifan terkecil.
3. Mengapa harga potensial elektrode litium paling tinggi dalam logam alkali?
4. Mengapa lelehan halida dari berilium mempunyai daya hantar listrik yang buruk?
5. Magnesium 1,2 gram dilarutkan dalam 1 liter air.
 a. Tuliskan reaksi yang terjadi.
 b. Berapa pH larutan yang terbentuk?
 c. Berapa volume gas hidrogen yang dihasilkan (diukur pada 0 °C dan 1 atm)?

Tahukah Kalian

Seringkali aktivitas manusia membawa akibat yang tak terduga, meskipun telah direncanakan dengan hati-hati, termasuk kegiatan yang menggunakan bahan kimia. Penggunaan klor memberi gambaran bahwa akibat yang timbul dari operasi kimia berskala besar semakin mencemaskan.



Sumber: Chemistry for you, Ryan Lawrie

Efek utama yang ditimbulkan klor bagi lingkungan adalah senyawaan klor yang dihasilkan entah sengaja atau tidak sengaja. Senyawaan klor dibedakan menjadi dua kategori. Kategori pertama, termasuk berbagai jenis pestisida, pelarut, dan hasil limbah industri. Kategori kedua adalah hasil pembakaran jenis plastik tertentu, kebocoran dalam proses industri, dan senyawaan klor yang terbentuk oleh klor yang digunakan dalam pemurnian air.

Pada tahun 1908, penduduk Amerika berjumlah 80 juta dan 100.000 orang meninggal akibat penyakit saluran pencernaan (gastrointestinal), seperti kolera. Pada tahun 1970, dari penduduk yang berjumlah lebih dari 200 juta, hanya 1700 orang yang meninggal karena penyakit tersebut. Klorinasi air minum disertai metode pembuangan air selokan yang lebih bersih, dianggap sebagai hal yang paling berjasa untuk perbaikan tersebut.

Akhir-akhir ini, dengan semakin meningkatnya perhatian terhadap lingkungan, dan pengembangan peralatan analisis yang peka, runutan banyak senyawaan klor yang tidak diketahui telah ditemukan dalam air yang telah diklorasi. Klor yang dimasukkan ke dalam air untuk membunuh mikroorganisme yang dapat menimbulkan infeksi dapat bereaksi dengan banyak senyawaan organik yang mengandung nitrogen dengan membentuk kloramina, (NH_2Cl), atau kloramina tersubstitusi. Zat ini sangat beracun terhadap kerang-kerangan, binatang air lainnya, dan membahayakan manusia. Kloroform, ($CHCl_3$) adalah senyawa yang ditemukan dari sekitar 100 senyawaan klor organik dalam air terklorasi, yang dianggap mutagenik, teratogenik, atau karsinogenik.

Salah satu cara untuk mengurangi jumlah senyawaan klor yang terbentuk dalam air minum adalah dengan menghilangkan bagian terbesar dari zat-zat organik sebelum mengklorasi. Suatu metode lain dengan menggunakan ozon sebagai ganti klor untuk membunuh mikroorganisme yang membahayakan kita.



Mutagenik dapat menimbulkan mutasi. Teratogenik dapat menimbulkan kerusakan pada kelahiran. Karsinogenik dapat menimbulkan kanker.

Klor merupakan zat yang khas, dan mempunyai kegunaan yang teramat penting, tetapi juga mempunyai efek-efek yang merugikan. Tugas para ahli kimia untuk mengurangi sampai sekecil mungkin dan menghilangkan efek buruk ini, sementara kegunaannya dapat dipertahankan.

4. Unsur-unsur periode ketiga

Unsur-unsur yang berada dalam periode ketiga ada delapan unsur dengan kecenderungan sifat yang teratur. Unsur-unsur tersebut adalah natrium, magnesium, aluminium, silikon, fosfor, belerang, klor, dan argon. Dari kiri ke kanan sifat unsur periode ketiga berubah dari logam-metaloid-nonlogam dan gas mulia. Perhatikan Tabel 4.13 di bawah ini.

Tabel 4.13 Perubahan sifat unsur periode ketiga.

Logam	Metaloid	Non logam	Gas Mulia
Na – Mg – Al	Si	P – S – Cl	Ar

Sumber: Kimia Unsur dan radiokimia, Hiskia Achmad

a. Sifat-sifat fisik

Beberapa sifat fisik unsur periode 3 disajikan dalam Tabel 4.14.

1) Keelektronegatifan

Kecenderungan suatu atom untuk menarik elektron dengan atom lain dalam membentuk senyawa dinyatakan dengan keelektronegatifan. Keelektronegatifan umumnya dinyatakan dalam skala *Pauling*. Unsur-unsur dengan keelektronegatifan kecil cenderung bersifat logam (elektropositif). Kecenderungan ini juga diperlihatkan oleh unsur-unsur periode ketiga. Dari kiri ke kanan keelektronegatifannya semakin besar, hal ini sesuai dengan semakin berkurangnya sifat logam dari natrium ke argon.

Tabel 4.14 Beberapa sifat fisik unsur periode ketiga.

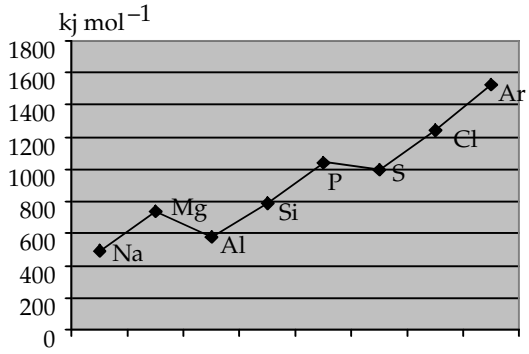
	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
Nomor atom	11	12	13	14	15	16	17	18
Mr	22,9	24,3	26,9	28,08	30,9	32,06	35,5	39,9
Konfigurasi elektron K L M	2 8 1	2 8 2	2 8 3	2 8 4	2 8 5	2 8 6	2 8 7	2 8 8
Struktur	Kristal logam	Kristal logam	Kristal logam	Kristal kovalen raksasa	Molekul poliatom	Molekul poliatom	Molekul diaotom	Molekul monoatom
Tingkat oksidasi tertinggi	+1	+2	+3	+4	+5	+6	+7	-

	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar
Titik leleh (K)	370,8	922	933	1683	317	386	172	88,8
Titik didih (K)	1156	1363	2740	2953	553	718	238	87,3
Elektronegativitas	0,9	1,2	1,5	1,8	2,1	2,5	3	-
Energi ionisasi ($kJmol^{-1}$)	496	738	578	786	1012	1000	1251	1527
Afinitas elektron ($kJmol^{-1}$)	−53	230	−44	−134	−72	−200	−349	35

Sumber: General Chemistry, Hill J. W, Petrucci R. H, Mc Creary T. W, dan Perry S. S

2) Energi ionisasi

Energi ionisasi adalah energi yang diperlukan untuk melepaskan elektron yang tidak terikat dengan erat dari atom dalam bentuk gas. Kecenderungan energi ionisasi unsur-unsur periode ketiga ditunjukkan pada Gambar 4.11.



Sumber: General Chemistry, Principles and Modern Applications, Petrucci R. H, Harwood W. S, dan Herring G. F

Gambar 4.11
Grafik energi ionisasi unsur-unsur periode ketiga.

Dari gambar tersebut terlihat bahwa energi ionisasi unsur-unsur periode ketiga bertambah dari kiri ke kanan. Peningkatan energi ionisasi ini berkaitan dengan bertambahnya muatan inti, sehingga daya tarik inti terhadap elektron terluar makin besar. Data dari gambar juga menunjukkan adanya penyimpangan, yaitu energi ionisasi magnesium ternyata lebih besar dari energi ionisasi aluminium, sedangkan energi ionisasi fosfor lebih besar daripada belerang. Penyimpangan ini terjadi karena unsur golongan IIA (Mg) dan golongan VA (P) mempunyai konfigurasi elektron yang relatif stabil, yaitu konfigurasi penuh dan setengah penuh sehingga membutuhkan energi yang lebih besar untuk melepaskan elektronnya. Aluminium dan belerang mempunyai satu elektron yang terikat agak lemah sehingga lebih mudah dilepaskan. Perhatikan konfigurasi elektron dari unsur-unsur tersebut berikut ini.

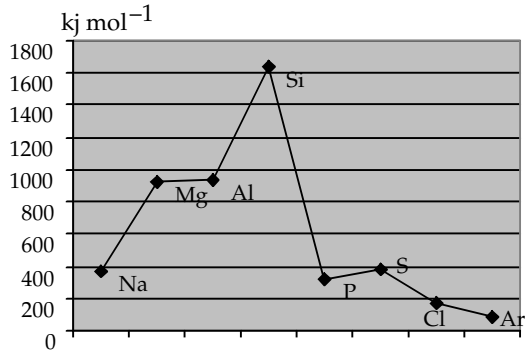
Mg $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ konfigurasi penuh, $3s^2$.

Al $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^1$ elektron $3p^1$ terikat agak lemah.

P $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^3$ konfigurasi setengah penuh, $3p^3$.
S $1s^2$ $2s^2$ $2p^6$ $3s^2$ $3p^4$ satu elektron $3p$ berpasangan, sehingga cenderung mudah lepas.

3) Titik didih dan titik leleh

Dari gambar 4.12 dapat dilihat bahwa titik didih dan titik leleh unsur-unsur periode ketiga bertambah secara bertahap dari kiri ke kanan dan mencapai puncaknya pada golongan IVA (Si), kemudian turun secara drastis pada golongan VA (P). Jadi, silikon mempunyai titik didih dan titik leleh tertinggi diantara unsur-unsur seperiode. Sedangkan titik didih dan titik leleh terendah dimiliki oleh argon.

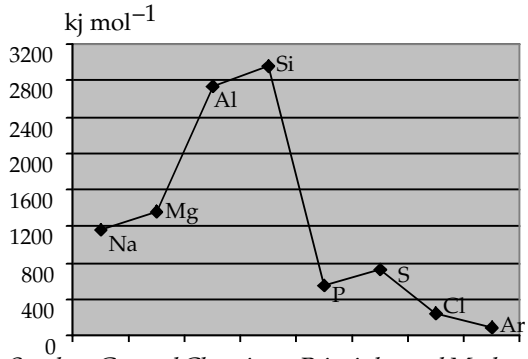


Gambar 4.12
Grafik titik leleh unsur-unsur periode ketiga.

Sumber: General Chemistry, Principles and Modern Applications, Petrucci R. H, Harwood W. S, dan Herring G. F

Kecenderungan titik didih dan titik leleh unsur-unsur periode ketiga dapat dipahami sebagai berikut.

- Natrium, magnesium, dan aluminium mempunyai ikatan logam. Kekuatan ikatan logam meningkat dari natrium hingga aluminium sebagai akibat bertambahnya jumlah elektron valensi. Meningkatnya kekuatan ikatan logam ini menyebabkan meningkatnya titik didih dan titik leleh.



Gambar 4.13
Grafik titik didih unsur-unsur periode ketiga.

Sumber: General Chemistry, Principles and Modern Applications, Petrucci R. H, Harwood W. S, dan Herring G. F

- Silikon mempunyai struktur kovalen raksasa (seperti intan), setiap atom silikon terikat secara kovalen pada empat atom silikon. Zat dengan struktur kovalen raksasa mempunyai titik didih dan titik leleh yang sangat tinggi.
- Fosfor, belerang, klor, dan argon terdiri atas molekul nonpolar, sehingga hanya diikat oleh gaya *van der Waals* yang relatif lemah. Hal ini menyebabkan titik didih dan titik lelehnya menjadi rendah.

Adapun gaya *van der Waals* tergantung pada massa molekul relatif, coba kalian perhatikan Gambar 4.12, titik leleh S_8 (Mr = 256) > P_4 (Mr = 124) > Cl_2 (Mr = 71) > Ar (Ar = 40).



Sejauh Mana Pemahaman Kalian ?

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Susun unsur-unsur periode ketiga berdasarkan energi ionisasi, titik didih, dan titik lelehnya, mulai dari yang terkecil.
2. Mengapa kecenderungan keelektronegatifan unsur periode ketiga sangat teratur?
3. Mengapa silikon mempunyai titik leleh paling tinggi diantara unsur seperiode?
4. Mengapa magnesium dan fosfor mempunyai energi ionisasi yang relatif besar?

b. Sifat-sifat kimia

Sifat-sifat kimia periode ketiga yang akan dibahas pada bagian ini meliputi sifat logam dan nonlogam, sifat asam basa, serta daya pereduksi dan daya pengoksidasi.

1) Sifat logam dan nonlogam

Seperti yang telah disinggung sebelumnya bahwa unsur-unsur periode ketiga, ada yang bersifat logam, metaloid, dan nonlogam. Kecenderungannya dari kiri ke kanan sifat logamnya semakin berkurang. Tiga unsur yang pertama, yaitu natrium, magnesium, dan aluminium merupakan logam sejati. Ketiganya menunjukkan kilap logam yang khas dan merupakan konduktor listrik dan panas yang baik. Senyawa natrium dan magnesium bersifat ionik, sedangkan sebagian besar senyawa aluminium juga bersifat ionik. Natrium, magnesium, dan aluminium larut dalam larutan asam membentuk kation tunggal.

$$2Na(s) + 2H^+(aq) \rightarrow 2Na^+(aq) + H_2(g)$$
$$Mg(s) + 2H^+(aq) \rightarrow Mg^{2+}(aq) + H_2(g)$$
$$2Al(s) + 6H^+(aq) \rightarrow 2Al^{3+}(aq) + 3H_2(g)$$

Aluminium bersifat amfoter, selain larut dalam asam juga dapat larut dalam basa kuat membentuk anion $Al(OH)_4^-$ dan gas hidrogen.

$2Al(s) + 2OH^-(aq) + 6H_2O(l) \rightarrow 2Al(OH)_4^-(aq) + 3H_2(g)$

Aluminium tidak bereaksi dengan asam oksidator seperti HNO_3, sedangkan natrium dan magnesium dapat bereaksi. Hal ini terjadi karena terbentuknya lapisan oksida Al_2O_3 pada permukaan logam yang bersifat inert, sehingga reaksi hanya berlangsung seketika dan akan terhenti.

Secara kimia sifat logam menurun dari natrium ke aluminium, sedangkan secara fisik justru meningkat. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 4.14 yang menunjukkan kecenderungan peningkatan titik didih dan titik leleh dari natrium ke aluminium. Demikian pula dengan kekerasan natrium lebih kecil dari kekerasan magnesium dan aluminium. Diantara ketiganya, aluminium merupakan logam yang paling kuat, magnesium agak rapuh, sedangkan natrium merupakan logam yang paling lunak dan ringan. Peningkatan sifat logam dari Na ke Al berkaitan dengan pertambahan elektron valensi, sehingga kekuatan ikatan antaratom dalam logam meningkat.



Jumlah elektron valensi ditentukan dari banyaknya elektron pada kulit yang paling luar. Contoh Na $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1$ pada kulit terluar yaitu $3s^1$ terdapat 1 elektron, maka elektron valensinya 1.

Na $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^1$ memiliki 1 elektron valensi.

Mg $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2$ memiliki 2 elektron valensi, sehingga ikatan logamnya lebih kuat.

Al $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^1$ memiliki 3 elektron valensi, sehingga ikatan logamnya semakin kuat.

Silikon tergolong metaloid, yaitu unsur yang memiliki sifat logam dan nonlogam, di mana kekuatan logamnya sangat lemah dibandingkan logam sejati. Silikon bersifat semikonduktor. Setiap atom dalam silikon padat terikat pada empat atom silikon lainnya secara kovalen membentuk jaring tiga dimensi yang dikenal dengan struktur kovalen raksasa (seperti yang dimiliki intan). Silikon dengan struktur yang demikian memiliki kekerasan, titik didih, dan titik leleh yang cukup tinggi.

Fosfor, belerang, dan klor merupakan unsur nonlogam. Padatan ketiga unsur tersebut tidak dapat menghantarkan listrik. Pada suhu kamar, fosfor, dan belerang berupa padatan dan klor berupa gas. Fosfor dan belerang terdiri atas molekul poliatom, yaitu P_4 dan S_8. Gaya yang bekerja dalam padatan adalah gaya dispersi. Molekul-molekul dalam padatan tersebut saling bertarikan dengan gaya dispersi yang menyebabkan titik didih dan titik leleh unsur tersebut menurun jauh jika dibandingkan dengan silikon. Sedangkan klor terdiri atas

molekul diatomik (Cl_2). Kemampuan membentuk ion negatif dari fosfor, belerang, dan klor menerangkan sifat logam ketiganya secara kimia. Klor dan belerang membentuk anion tunggal, yaitu Cl^- dan S^{2-}, sedangkan fosfor membentuk anion poliatom seperti PO_4^{3-}dan PO_3^{3-}.

2) Sifat asam-basa hidroksida unsur periode ketiga

Semua unsur periode ketiga dapat bereaksi membentuk hidroksida $M(OH)_x$, kecuali argon yang merupakan gas mulia. M adalah unsur periode ketiga selain argon dan x adalah nomor golongan. Hidroksida-hidroksida dari unsur-unsur periode ketiga dijelaskan sebagai berikut.

- Hidroksida dari natrium, magnesium, dan aluminium cukup stabil, yaitu NaOH, $Mg(OH)_2$, dan $Al(OH)_3$.
- Hidroksida dari silikon, fosfor, belerang, dan klor tidak stabil karena melepaskan molekul air.

$Si(OH)_4 \rightarrow SiO(OH)_2$ atau $H_2SiO_3 + H_2O$
$P(OH)_5 \rightarrow PO(OH)_3$ atau $H_3PO_4 + H_2O$
$S(OH)_6 \rightarrow SO_2(OH)_2$ atau $H_2SO_4 + 2H_2O$
$Cl(OH)_7 \rightarrow ClO_3OH$ atau $HClO_4 + 3H_2O$

Sifat hidroksida dari unsur periode ketiga dipengaruhi oleh energi ionisasi dari unsur tersebut.

- Jika energi ionisasi rendah, maka ikatan M–OH bersifat ionik dan hidroksida bersifat basa, dalam air akan melepaskan ion OH^-.

$MOH \rightarrow M^+ + OH^-$

- Jika energi ionisasi tinggi, maka ikatan M–OH bersifat kovalen. Ikatan O–H bersifat polar sehingga ikatan tersebut dapat mengalami hidrolisis dan melepaskan ion H^+. Dengan demikian larutannya bersifat asam.

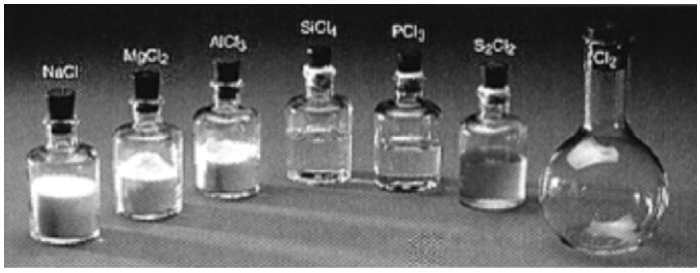
$MOH \rightarrow MO^- + H^+$

- Kecenderungan energi ionisasi unsur periode ketiga adalah semakin bertambah dari natrium ke klor. Oleh karena itu sifat basa dari unsur-unsur di sebelah kiri lebih kuat, sedangkan unsur-unsur di sebelah kanan sifat asamnya lebih kuat. Untuk lebih jelas dalam memahami sifat asam-basa hidroksida unsur periode ketiga, perhatikan Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Sifat asam-basa hidroksida unsur periode ketiga.

Rumus Kimia Hidroksida	Jenis Ikatan	Sifat Asam - Basa
NaOH	Ionik	Basa kuat
$Mg(OH)_2$	Ionik	Basa kuat
$Al(OH)_3$	Ionik-kovalen	Amfoter
$Si(OH)_4$ / H_2SiO_3	Kovalen	Asam lemah
$P(OH)_5$ / H_3PO_4	Kovalen	Asam lemah
$S(OH)_6$ / H_2SO_4	Kovalen	Asam kuat
$Cl(OH)_7$ / $HClO_4$	Kovalen	Asam kuat

Sumber: Chemistry, The Molecular Nature of Matter and Change, Silberberg M. S



Gambar 4.14
Garam klorida unsur-unsur periode ketiga.

Sumber: Chemistry, The Molecular Nature of Matter and Change, Silberberg M. S

Berdasarkan Tabel 4.15, nampak bahwa NaOH merupakan basa terkuat dari unsur periode ketiga dan hidroksidanya mudah larut dalam air. $Mg(OH)_2$ masih tergolong sebagai basa kuat, meskipun kekuatan basanya lebih lemah dibandingkan dengan NaOH. Aluminium bersifat amfoter, demikian pula dengan hidroksidanya $Al(OH)_3$. Amfoter artinya senyawa tersebut dapat bersifat sebagai asam sekaligus sebagai basa. Dalam lingkungan basa kuat $Al(OH)_3$ akan bersifat asam, sebaliknya dalam lingkungan asam kuat ia akan bersifat basa.

Reaksinya:

$$Al(OH)_3(s) + 3H^+(aq) \rightarrow Al^{3+}(aq) + 3H_2O(l)$$
$$Al(OH)_3(s) + OH^-(aq) \rightarrow Al(OH)_4^-(aq)$$

$Si(OH)_4$ atau H_2SiO_3 adalah asam silikat yang merupakan asam sangat lemah dan tidak stabil, mudah terurai menjadi silika (SiO_2) dan air. Meskipun demikian, garam-garam dari silikat banyak dikenal, contoh $CaSiO_3$ (gelas kalsium).

$P(OH)_5$ atau H_3PO_4 (asam fosfat) yang merupakan asam lemah. Selain asam fosfat, fosfor juga membentuk asam oksi yang lain, yaitu H_3PO_3 (asam fosfit) dan H_3PO_2 (asam hidrofosfat). Keduanya merupakan asam lemah.

$S(OH)_6$ atau H_2SO_4 (asam sulfat) tergolong asam kuat. Selain asam sulfat, belerang juga membentuk asam oksi yang lain, yaitu H_2SO_3 (asam sulfit) yang merupakan asam lemah dan tidak stabil, mudah terurai menjadi SO_2 dan H_2O.

$Cl(OH)_7$ atau $HClO_4$ (asam perklorat) tergolong asam kuat. Selain asam perklorat, asam oksi lain yang dibentuk oleh klor adalah $HClO_3$ (asam klorat), $HClO_2$ (asam klorit), dan HClO (asam hipoklorit). Kekuatan asam $HClO_4 > HClO_3 > HClO_2 > HClO$.

3) Daya pereduksi dan daya pengoksidasi unsur periode ketiga

Daya pereduksi dan daya pengoksidasi berkaitan dengan kecenderungan melepas atau menyerap elektron. Zat pereduksi (reduktor) merupakan zat yang melepaskan elektron dalam suatu reaksi redoks atau zat yang mengalami oksidasi, sedangkan zat pengoksidasi (oksidator) merupakan zat yang menyerap elektron atau mengalami reduksi. Dengan demikian, semakin mudah zat melepaskan elektron, maka daya pereduksinya semakin kuat. Sebaliknya, semakin sulit suatu zat untuk melepaskan elektron, maka daya oksidasinya makin kuat.

Harga potensial elektrode menyatakan kecenderungan untuk mereduksi dan mengoksidasi reaksi-reaksi yang berlangsung dalam larutan. Jika harga potensial elektrodenya semakin positif, maka makin mudah mengalami reduksi. Sebaliknya, semakin negatif harga potensial elektrodenya, makin mudah mengalami oksidasi. Berdasarkan penjelasan di atas, dapat disimpulkan bahwa reduktor kuat mempunyai harga potensial elektrode sangat negatif, sedangkan oksidator kuat mempunyai harga potensial elektrode sangat positif. Harga potensial elektrode unsur-unsur periode ketiga diberikan pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16. Harga potensial elektrode beberapa unsur periode ketiga.

Reaksi	E^o (Volt)
$Na^+(aq) + e^- \rightarrow Na(s)$	–2,71
$Mg^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Mg(s)$	–2,37
$Al^{3+}(aq) + 3e^- \rightarrow Al(s)$	–1,66
$SiO_2(aq) + 4H^+(aq) + 4e^- \rightarrow Si(s) + 2H_2O$	–0,86
$S(s) + 2e^- \rightarrow S^{2-}(aq)$	–0,45
$Cl_2(g) + 2e^- \rightarrow 2Cl^-(aq)$	+1,36

Sumber: General Chemistry, Hill J. W, Petrucci R. H, Mc Creary T. W, dan Perry S. S

Kegiatan Mandiri

Kalian telah belajar sifat fisik dan kimia unsur-unsur di periode ke-3. Buat rancangan percobaan untuk menentukan keterangan sifat unsur periode ke-3. Jika kalian mengalami kesulitan, maka cari literatur yang membahas masalah tersebut, misal di internet. Komunikasikan dengan teman kalian.

Berdasarkan data di atas dapat disimpulkan bahwa harga potensial elektrode unsur periode ketiga meningkat dari natrium ke klor. Dengan kata lain, dari natrium ke klor daya pereduksi berkurang dan gaya pengoksidasi bertambah. Jadi, natrium merupakan pereduksi terkuat, sedangkan klor merupakan pengoksidasi terkuat.



Sejauh Mana Pemahaman Kalian ?

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Mengapa sifat logam unsur periode ketiga berkurang dari natrium ke klor?
2. Jelaskan kecenderungan daya pereduksi unsur periode ketiga.
3. Sifat hidroksida dari unsur periode ketiga dipengaruhi energi ionisasi dari unsur tersebut. Jelaskan apa yang dimaksud dari pernyataan tersebut.
4. Apa yang dimaksud dengan gaya dispersi?
5. Mengapa natrium dioksida termasuk basa kuat? Jelaskan.

C. Air Sadah

1. Pengertian air sadah, penyebab dan jenis kesadahan

Air merupakan salah satu unsur terpenting dalam kehidupan. Air tersedia secara alami dan dapat diperoleh sebagai air tanah, air hujan, dan lainnya. Air alam mengandung berbagai jenis mineral tergantung dari asal air itu. Contoh air yang bersumber dari tanah dan batuan dapat mengandung mineral kalsium sulfat ($CaSO_4$), kalsium hidrogen karbonat $Ca(HCO_3)_2$, magnesium sulfat ($MgSO_4$), dan magnesium hidrogen karbonat $Mg(HCO_3)_2$. Air yang mengandung ion Ca^{2+} dan ion Mg^{2+} dalam jumlah banyak disebut **air sadah** (*hard water*). Air sadah menyebabkan sabun sukar berbuih karena ion-ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} mengendapkan sabun dan membentuk apa yang disebut *scum*. Sedangkan air yang sedikit atau sama sekali tidak mengandung ion Ca^{+} dan Mg^{+} disebut **air lunak** (*soft water*).

$$Ca^{2+}(aq) + 2CH_3(CH_2)_{16}COO^-(aq) \rightarrow Ca(CH_3(CH_2)_{16}COO)_2(s)$$
ion stearat dari sabun — endapan sabun

Air sadah ditimbulkan oleh adanya senyawa kalsium hidrogen karbonat. Senyawa ini terbentuk ketika air hujan meresap ke dalam batu kapur yang mengandung senyawa kalsium karbonat ($CaCO_3$). Kalsium karbonat tidak larut dalam air, tetapi air hujan yang sedikit asam karena mengandung karbon dioksida dapat bereaksi dengan batu kapur menghasilkan kalsium hidrogen karbonat yang dapat larut dalam air. Reaksi yang terjadi sebagai berikut.

$$CaCO_3(s) + CO_2(g) + H_2O(l) \rightarrow Ca(HCO_3)_2(aq)$$
batu kapur — air hujan — kalsium hidrogen karbonat

Kesadahan air dibedakan atas kesadahan sementara dan kesadahan tetap. **Kesadahan sementara** (*temporary hardness*) disebabkan oleh garam-garam hidrogen karbonat, yaitu $Ca(HCO_3)_2$ atau $Mg(HCO_3)_2$. **Kesadahan tetap** (*permanent hardness*) disebabkan oleh garam $CaSO_4$, $CaCl_2$, $MgSO_4$, dan $MgCl_2$.

2. Penghilangan kesadahan

Kesadahan sementara dapat dihilangkan dengan mendidihkan air tersebut, karena garam karbonat mengendap pada pemanasan.

$$Ca(HCO_3)_2(aq) \xrightarrow{\text{pemanasan}} CaCO_3(s) + CO_2(g) + H_2O(l)$$

Adapun kesadahan tetap dapat dihilangkan dengan cara-cara berikut.

a. Proses soda-kapur

Menurut cara ini, air sadah direaksikan dengan soda Na_2CO_3 dan kapur $Ca(OH)_2$, sehingga ion-ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} diendapkan.

$$Ca(HCO_3)_2(aq) + Ca(OH)_2(aq) \rightarrow 2CaCO_3(s) + 2H_2O(l)$$
$$MgSO_4(aq) + Ca(OH)_2(aq) \rightarrow Mg(OH)_2(s) + CaSO_4(aq)$$
$$CaSO_4(aq) + Na_2CO_3(aq) \rightarrow CaCO_3(s) + Na_2SO_4(aq)$$

b. Proses zeolit

Dengan cara ini, air sadah dialirkan melalui natrium zeolit, sehingga ion-ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} akan diikat zeolit menggantikan ion Na^+ membentuk kalsium atau magnesium zeolit.

c. Distilasi (penyulingan)

Cara ini relatif mahal khususnya untuk produksi dalam jumlah besar.

Kegiatan Mandiri

Buat kelompok belajar dengan jumlah 4 siswa untuk setiap kelompok. Rancang dan kerjakan suatu kegiatan untuk mengenali air sadah dan cara menghilangkan kesadahan itu. Buat laporan kegiatan kalian selengkap mungkin dan komunikasikan bersama teman dan guru kalian di depan kelas.

d. Menggunakan resin penukar ion

Resin penukar ion kini banyak digunakan untuk melunakkan air, baik untuk kebutuhan rumah tangga maupun industri. Resin penukar ion mengandung ion-ion natrium bebas. Jika air sadah dilewatkan melalui resin penukar ion, maka resin akan menahan ion-ion kalsium dan magnesium. Sehingga diperoleh air lunak yang tidak lagi mengandung ion kalsium dan magnesium, tetapi mengandung ion natrium yang tidak menimbulkan kesadahan. Regenerasi resin penukar ion dilakukan dengan mengalirkan larutan natrium klorida pekat melalui kolom. Air lunak yang dihasilkan dari proses ini mengandung ion natrium dalam kadar yang relatif tinggi.

3. Keuntungan dan kerugian dari air sadah

Kalian pasti tahu sumur yang ada di rumah-rumah. Air sumur merupakan salah satu contoh air sadah. Air sadah dapat menguntungkan dan merugikan bagi kehidupan kita.

a. Keuntungan yang dapat diperoleh dari air sadah sebagai berikut.

- Mempunyai rasa yang lebih baik daripada air lunak.
- Menyediakan kalsium yang diperlukan tubuh, misalnya untuk pembentukan gigi dan tulang.
- Senyawa timbal (dari pipa air) lebih sukar larut dalam air sadah. Timbal merupakan racun bagi tubuh.

b. Kerugian yang ditimbulkan air sadah sebagai berikut.

- Memboroskan sabun

 Karena air sadah menggumpalkan sabun membentuk *scum*, sehingga sabun tidak akan berbuih sebelum ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} mengendap.
- *Scum* dapat meninggalkan noda pada pakaian, sehingga pakaian menjadi kusam.
- Menimbulkan batu ketel

 Batu ketel adalah sejenis karang yang terbentuk pada dasar ketel. Adanya batu ketel mengakibatkan penghantaran panas dari ketel ke air berkurang, sehingga akan memboroskan penggunaan bahan bakar. Selain itu, batu ketel dapat menyumbat pipa saluran air panas, misalnya pada radiator.

Sejauh Mana Pemahaman Kalian ?

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Jelaskan perbedaan air sadah dan air lunak. Mana yang lebih baik untuk air minum, mengapa?
2. Jelaskan jenis kesadahan dan bagaimana cara menghilangkannya?
3. Jelaskan keuntungan dan kerugian air sadah.
4. Jelaskan cara penjernihan air sungai yang berwarna cokelat akibat lumpur dapat digunakan sebagai air minum.

Latihan 3

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Mengapa titik leleh magnesium lebih tinggi dari pada titik leleh natrium?
2. Sebutkan 2 unsur periode ketiga yang memiliki energi ionisasi paling besar, mengapa hal itu terjadi?
3. Tuliskan reaksi antara natrium dengan asam nitrat dan aluminium dengan asam nitrat.
4. Jelaskan mengapa $Mg(OH)_2$ bersifat basa, sedangkan $P(OH)_5$ bersifat asam.
5. Manakah asam yang lebih kuat H_2SO_4 atau $HClO_4$? Jelaskan.
6. Jelaskan cara menghilangkan kesadahan tetap menggunakan resin penukar ion.
7. Apa yang dimaksud dengan batu ketel? Mengapa adanya batu ketel memboroskan penggunaan bahan bakar?
8. Tuliskan reaksi-reaksi yang terjadi pada proses soda-kapur.

D. Pembuatan dan Kegunaan Unsur Logam dan Senyawanya

1. Natrium

a. Pembuatan natrium

Pembuatan natrium dapat dilakukan melalui proses *Castner* dan proses *Down*. Proses *Castner*, yaitu dengan elektrolisis leburan NaOH, tetapi kini tidak digunakan lagi karena efisiensi arus sangat rendah.

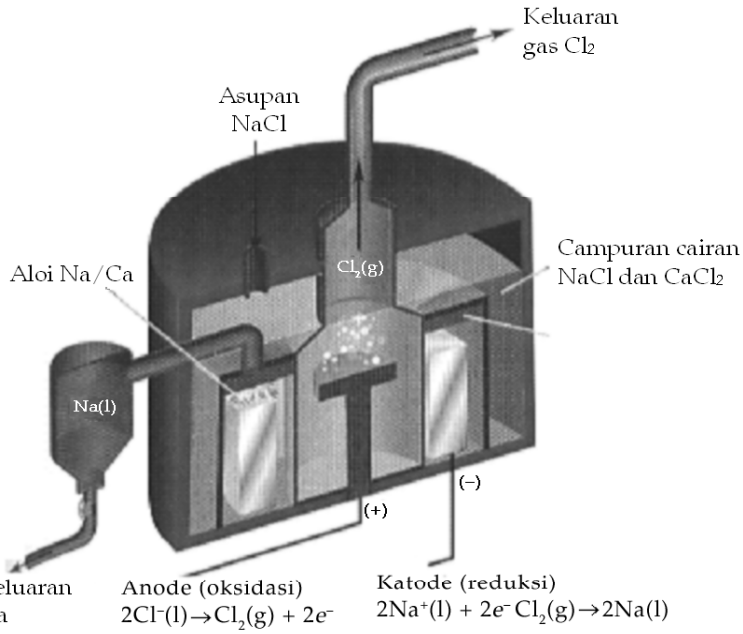
Melalui proses *Down,* yaitu dengan elektrolisis leburan NaCl (titik lebur 800 C) yang ditambahkan kalsium klorida 58% dan sedikit kalium fluorida untuk menurunkan suhu lebur menjadi 500 C. Pada elektrolisis ini, potensial reduksi ion Ca^{2+} lebih negatif daripada ion Na^+, sehingga hanya terjadi reduksi ion Na^+.

$NaCl(l) \rightarrow Na^+(l) + Cl^-(l)$

Katode: $2Na^+(l) + 2e^- \rightarrow 2Na(l)$

Anode: $2Cl^-(l) \rightarrow Cl_2(g) + 2e^-$

Natrium cair yang terbentuk di katode mengapung di atas cairan NaCl, selanjutnya dikumpulkan pada kolektor.



Gambar 4.15
Sel *Down* untuk pembuatan Natrium

Sumber: Chemistry, The Molecular Nature of Matter and Change, Silberberg M.S

b. Kegunaan natrium dan senyawa natrium

1) Natrium

Penggunaan terpenting natrium saat ini adalah sebagai cairan pendingin (*coolant*) pada reaktor nuklir. Sebagai reduktor kuat, natrium digunakan dalam pengolahan logam Li, K, Zr, dan logam alkali yang lebih berat. Natrium juga digunakan pada reduksi titanium (IV) klorida menjadi logam Ti. Selain itu natrium juga digunakan untuk membuat senyawa natrium yang tidak dapat dibuat dari NaCl, seperti natrium peroksida. Sedikit natrium digunakan dalam lampu natrium yang digunakan untuk penerangan jalan.

2) Natrium hidroksida (NaOH)

Natrium hidroksida dihasilkan melalui elektrolisis larutan NaCl. NaOH digunakan untuk pembuatan beberapa senyawa natrium, seperti NaOCl, $NaClO_3$, dan $NaCO_3$. Natrium hidroksida juga digunakan dalam industri pulp, kertas, sabun, tekstil, pengolahan bauksit, detergen, pemurnian minyak bumi serta untuk rayon dan serat lainnya.

3) Natrium klorida (NaCl)

Natrium klorida merupakan senyawa natrium yang paling banyak diproduksi. Natrium klorida dibuat dari air laut atau garam batu. Kegunaan natrium klorida antara lain untuk bahan baku pembuatan natrium, klor, dan senyawa-senyawa natrium serta digunakan dalam industri susu, pengawetan ikan dan daging, mencairkan salju, pengolahan kulit, dan sebagai bumbu masak (garam dapur).

4) Natrium karbonat (Na_2CO_3)

Natrium karbonat berasal dari sumber alam yaitu trona, dapat juga diperoleh dari NaCl. Penggunaan utama senyawa ini untuk pembuatan kaca, pembuatan bahan-bahan kimia, industri pulp dan kertas, serta bahan pelunak air.

5) Natrium bikarbonat ($NaHCO_3$)

Natrium bikarbonat biasanya kita kenal soda kue. Digunakan dalam industri kue dan makanan. *Baking powder* adalah campuran serbuk $NaHCO_3$ dengan suatu zat yang bersifat asam.

2. Magnesium

a. Pembuatan magnesium

Magnesium merupakan unsur alkali tanah yang paling banyak diproduksi. Sumber magnesium yang digunakan adalah air laut. Kadar magnesium dalam air laut hanya 0,13% tetapi sudah cukup untuk diolah secara ekonomis. Proses pengolahan magnesium dari air laut disebut proses *Down*. Proses tersebut dijelaskan sebagai berikut.

- Magnesium diendapkan sebagai magnesium hidroksida dengan penambahan $Ca(OH)_2$ ke dalam air laut. Meskipun $Ca(OH)_2$ kurang larut dalam air, namun kelarutannya lebih besar daripada $Mg(OH)_2$. Reaksinya dapat dituliskan sebagai berikut.

 $Mg^{2+}(aq) + Ca(OH)_2(s) \rightarrow Mg(OH)_2(s) + Ca^{2+}(aq)$

- Kemudian magnesium hidroksida diubah menjadi larutan magnesium klorida dengan cara direaksikan dengan asam klorida. Reaksi yang terjadi adalah

$$Mg(OH)_2(s)+2H^+(aq)+2Cl^-(aq)\rightarrow Mg^{2+}(aq)+2Cl^-(aq)+2H_2O(l)$$

Asam klorida Magnesium klorida

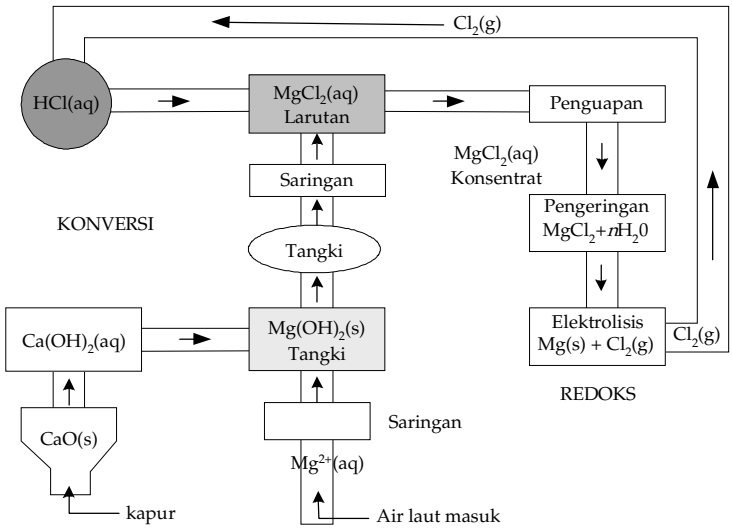
Selanjutnya magnesium klorida dikristalkan sebagai $MgCl_2 \cdot 6H_2O$.

- Untuk memperoleh logam magnesium, harus mengelektrolisis leburan $MgCl_2 \cdot 6H_2O$. Hal ini tidak dapat dilakukan langsung karena pada pemanasan akan terbentuk MgO. Untuk mengatasi hal tersebut harus ditambahkan magnesium klorida yang mengalami dehidrasi sebagian ke campuran leburan natrium dan kalsium klorida. Magnesium klorida akan meleleh dan kehilangan air tetapi tidak mengalami hidrolisis. Campuran leburan ini dapat dielektrolisis dan magnesium akan terbentuk pada katode.

$$MgCl_2(l) \rightarrow Mg^{2+}(l) + 2Cl^-(l)$$

Katode: $Mg^{2+}(l) + 2e^- \rightarrow Mg(s)$

Anode: $2Cl^-(l) \rightarrow Cl_2(g) + 2e^-$



Gambar 4.16
Bagan pembuatan logam magnesium dari air laut dengan proses *Down*.

Sumber: General Chemistry, Hill J. W, Petrucci R. H, Mc Creary T. W, dan Perry S. S

b. Kegunaan magnesium dan senyawanya

Penggunaan utama dari magnesium adalah untuk membuat logam-campur. *Magnalium* adalah paduan magnesium dengan aluminium yang merupakan logam kuat tapi ringan, resisten terhadap asam maupun basa dan tahan korosi. Paduan ini digunakan untuk membuat komponen pesawat terbang, bak truk, dan lainnya. Pembakaran magnesium menghasilkan cahaya yang sangat terang, sehingga unsur ini digunakan untuk membuat kembang api dan juga untuk *blitz*.



Gambar 4.17
Campuran magnesium dan aluminium yang kuat dan ringan sangat cocok sebagai komponen pesawat terbang.

Sumber: Target Science, Chemistry, Brian O' Pat.

Sejauh Mana Pemahaman Kalian ?

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Hitung massa natrium yang dihasilkan pada elektrolisis, jika digunakan arus 900 ampere selama 9 jam.
2. Jelaskan kegunaan dari natrium, natrium hidroksida, natrium klorida, natrium karbonat, natrium bikarbonat, dan natrium sulfat.
3. Jelaskan proses pengolahan magnesium dari air laut dan tunjukkan reaksi-reaksi yang terjadi.
4. Berapa pH minimum untuk mengendapkan $Mg(OH)_2$ dari air laut, jika kemolaran Mg^{2+} adalah 0,108 M? K_{sp} $Mg(OH)_2$ adalah 1,8 10^{-11}.

3. Aluminium

a. Pembuatan Aluminium

Aluminium merupakan salah satu logam terpenting dalam kerak bumi. Bijih aluminium yang digunakan untuk produksi aluminium adalah bauksit. Pengolahan aluminium dari bauksit berlangsung dua tahap, yaitu tahap pemurnian dan peleburan alumina.

1) Tahap pemurnian bauksit

Tahap pemurnian bertujuan untuk memperoleh Al_2O_3 murni (alumina). Pengolahan Al_2O_3 dari bauksit didasarkan pada



Gambar 4.18
Penambangan Bauksit

Sumber: Chemistry, The Molecular Nature of Matter and Change, Silberberg M. S

sifat amfoter dari oksida aluminium itu. Pengotor utama dalam bauksit yang terdiri atas SiO_2, Fe_2O_3, dan TiO_2. Apabila bauksit dilarutkan dalam larutan NaOH, maka Al_2O_3 akan larut sedangkan pengotornya tidak. Pengotornya dipisahkan dengan penyaringan. Reaksi yang terjadi sebagai berikut.

$$Al_2O_3(s) + 2OH^-(l) + 3H_2O(l) \rightarrow 2Al(OH)_4^-(aq)$$

Selanjutnya aluminium diendapkan dari filtrat dengan mengalirkan gas CO_2 dan pengenceran. Persamaan reaksinya sebagai berikut.

$$2Al(OH)_4^-(aq) + CO_2(g) \rightarrow 2Al(OH)_3(s) + CO_3^{2-}(aq) + H_2O(l)$$

Endapan $Al(OH)_3$ disaring, dikeringkan lalu dipanaskan, sehingga diperoleh Al_2O_3 murni. Reaksi yang terjadi seperti di bawah ini.

$$2Al(OH)_3(s) \rightarrow Al_2O_3(s) + 3H_2O(g)$$

2) Tahap peleburan (Reduksi alumina)

Pada tahap ini, reduksi alumina dilakukan melalui elektrolisis menurut proses *Hall-Heroult*. Elektrolisis lelehan Al_2O_3 tidak ekonomis, karena ia mempunyai titik leleh yang sangat tinggi (kurang lebih 2000 ^oC). Karena itu dalam proses *Hall-Heroult*, Al_2O_3 dilarutkan dalam lelehan kriolit (Na_3AlF_6) dalam bejana dari baja berlapis grafit yang berfungsi sebagai katode, sehingga elektrolisis dapat berlangsung pada suhu kurang dari 1000 ^oC. Dalam proses ini digunakan batang grafit sebagai anode.

Reaksinya yang terjadi sebagai berikut.

$$Al_2O_3(l) \rightarrow 2Al^{3+}(l) + 3O^{2-}(l)$$

Katode $Al^{3+}(l) + 3e^- \rightarrow Al(s)$

Anode $2O^{2-}(l) \rightarrow O_2(g) + 4e^-$

Untuk memproduksi 1 kg aluminium rata-rata dihabiskan 0,44 kg anode karbon.

b. Kegunaan aluminium dan senyawanya

1) Aluminium

Aluminium merupakan salah satu jenis logam yang banyak penggunaannya. Penggunaan aluminium didasarkan pada sifatnya yang khas, yaitu



Gambar 4.19
Aluminium (Al)

Sumber:Dokumentasi Penerbit

- ringan (massa jenis 2,7 g cm^{-3})
- logam yang sangat kuat
- tahan korosi
- mudah dibentuk
- tidak beracun
- dapat dipadu dengan logam lain.

Karena sifatnya itu, aluminium digunakan dalam berbagai hal antara lain.

- Industri otomotif, digunakan untuk membuat bak truk dan komponen kendaraan bermotor lainnya.
- Membuat bingkai jendela, kusen, dan kerangka ruang perkantoran.
- Industri makanan digunakan untuk *aluminium foil* dan kaleng aluminium untuk kemasan berbagai produk makanan/minuman.
- Digunakan untuk membuat alat-alat masak seperti panci, cangkir, ceret, dan lainnya.
- Membuat kabel listrik, mainan, dan barang kerajinan.
- Untuk membuat termit, yaitu campuran serbuk aluminium dengan serbuk besi(III) oksida yang digunakan untuk mengelas baja, misal untuk menyambung rel kereta api. Campuran ini bereaksi sangat eksoterm sehingga menghasilkan panas yang dapat melelehkan besi dan baja.

2) Alumina (Al_2O_3)

Aluminium oksida atau alumina dapat berupa kristal ion. Alumina meleleh pada 2053 °C dan tidak larut dalam air, sangat keras, dan stabil. Alumina dibedakan atas alfa-alumina dan gamma-alumina. Alfa-alumina adalah alumina yang sangat keras dan diperoleh dari pemanasan $Al(OH)_3$ pada suhu di atas 1000 °C. Alfa-alumina di alam terdapat sebagai korundum, yaitu suatu zat kristal yang sangat keras dan digunakan sebagai pengampelas. Korundum yang mengandung zat pengotor berwarna merah disebut batu manikam, jika pengotornya berwarna biru disebut permata



Gambar 4.20
Obat sakit maag mengandung Magnesium hidroksida ($Mg(OH)_2$) dan Aluminium hidroksida ($Al(OH)_3$) digunakan untuk menetralkan asam lambung (antasid).

Sumber: Dokumentasi Penerbit

nilam. Batu mulia seperti rubi, safir, ametis, dan topaz merupakan alfa-alumina yang mengandung senyawa logam transisi yang memberi warna tertentu pada batu itu. Rubi berwarna merah karena mengandung senyawa krom (III), safir berwarna biru karena mengandung senyawa besi (II), besi (III), dan titanium (IV). Ametis berwarna violet karena mengandung senyawa krom (III) dan titanium (IV), sedangkan topaz berwarna kuning karena mengandung senyawa besi (III).

Adapun gamma-alumina dapat diperoleh dari pemanasan $Al(OH)_3$ di bawah suhu 450 ^oC. Gamma alumina dapat bereaksi dan larut dalam air. Gamma alumina digunakan untuk pembuatan aluminium, untuk pasta gigi, industri keramik, dan industri gelas.

3) Aluminium sulfat ($Al_2(SO_4)_3$)

Aluminium sulfat digunakan pada pengolahan air minum, yaitu untuk mempercepat koagulasi lumpur koloidal. Selain itu, aluminium sulfat juga digunakan dalam pembuatan kertas.

4) Aluminium hidroksida ($Al(OH)_3$)

Aluminium hidroksida yang terdapat pada antasid digunakan untuk menetralkan asam lambung yang berlebih.

Tahukah Kalian



Sumber: Surabaya post, Kamis, 28 Juli 2005.

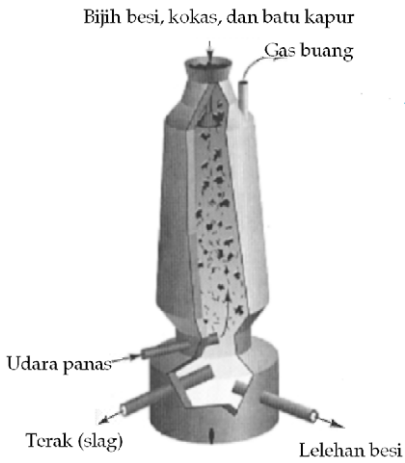
Untuk mengubah ion aluminium menjadi aluminium diperlukan energi besar. Energi listrik sebanyak satu faraday (96500 coulomb) diperlukan untuk menghasilkan 9 gram aluminium. Jika sel atau baterai dibuat dari aluminium, maka setiap 9 gram aluminium yang bereaksi dapat menghasilkan listrik 1 faraday.

Pada peluncuran kapal ruang angkasa NASA, Columbia digunakan 160.000 kilogram serbuk aluminium yang dicampur dengan zat pengoksidasi sebagai bahan bakar padat untuk menembakkan roket. Reaksi yang berlangsung selama 2 menit menghasilkan energi yang cukup untuk menaikkan Columbia mencapai ketinggian lebih dari 43 kilometer.

4. Besi

a. Pembuatan besi

Besi adalah logam yang paling murah diantara logam-logam yang dikenal manusia. Senyawa besi terdapat dalam sebagian besar batuan dan tanah. Besi diolah dari bijihnya dalam suatu tungku yang disebut tanur tiup (*blast furnace*) yang ditampilkan dalam Gambar 4.21.



Gambar 4.21
Pembuatan besi menggunakan tanur tiup.

Sumber: Chemistry, The Molecular Nature of Matter and Change, Silberberg M. S

Bahan yang digunakan pada pengolahan besi adalah bijih besi, kokas, dan batu kapur. Kokas (C) berfungsi sebagai reduktor, sedangkan batu kapur ($CaCO_3$) digunakan sebagai *fluks*, yaitu bahan yang akan bereaksi dengan pengotor dalam bijih besi dan memisahkan kotoran itu dalam bentuk cairan kental yang disebut terak (*slag*). Komposisi bahan-bahan tersebut tergantung pada pengotor yang ada, baik bersifat asam maupun basa. Pada umumnya pengotor dalam bijih besi bersifat asam, sehingga diperlukan fluks yang bersifat basa, yaitu $CaCO_3$.

Secara garis besar, proses yang terjadi pada tanur tiup dijelaskan sebagai berikut.

- Bijih besi, kokas, dan batu kapur diumpankan dari atas tanur, sementara udara panas ditiupkan dari bawah. Kokas akan terbakar pada bagian bawah tanur dengan membebaskan kalor, sehingga suhu disekitarnya mencapai 2000 °C. Reaksi yang terjadi sebagai berikut.

$C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + \text{kalor}$

Ketika bergerak naik, gas CO_2 yang baru terbentuk bereaksi lagi dengan kokas yang bergerak turun membentuk CO.

$CO_2(g) + C(s) \rightarrow 2CO(g)$

- Gas CO yang dihasilkan akan mereduksi bijih besi secara bertahap.

$Fe_2O_3 \xrightarrow{\text{Tahap 1}} Fe_3O_4 \xrightarrow{\text{Tahap 2}} FeO \xrightarrow{\text{Tahap 3}} Fe$

Tahap 1: $3Fe_2O_3 + CO \rightarrow 2Fe_3O_4 + CO_2$
Tahap 2: $Fe_3O_4 + CO \rightarrow 3FeO + CO_2$
Tahap 3: $FeO + CO \rightarrow Fe + CO_2$

Reaksi keseluruhan:

$Fe_2O_3(s) + 3CO(g) \rightarrow 2Fe(l) + 3CO_2(g)$

Besi yang terbentuk pada proses tanur tiup berupa cairan karena suhu tanur yang sangat tinggi. Reaksi pembentukan terak yang menghilangkan pengotor dituliskan sebagai berikut.

$CaCO_3(s) \rightarrow CaO(s) + CO_2(s)$
$CaO(s) + SiO_2(s) \rightarrow CaSiO_3(l)$
$3CaO(s) + P_2O_5 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2(l)$

Reaksi untuk pengotor yang larut dalam besi cair sebagai berikut.

$MnO + C \rightarrow Mn + CO$
$SiO_2 + 2C \rightarrow Si + 2CO$
$P_2O_5 + 5C \rightarrow 2P + 5CO$

Besi cair turun ke dasar tanur dan dikeluarkan secara bertahap, di mana terak dengan massa jenis yang lebih kecil mengapung di atas besi cair. Lapisan terak dapat berfungsi sebagai pelindung besi cair dari oksidasi kembali. Terak dikeluarkan dari saluran tersendiri dan dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan jalan raya atau bahan pupuk.

Besi yang dihasilkan dari proses ini disebut besi gubal atau besi kasar yang mengandung kira-kira 95 % besi, 3-4 % karbon, dan sisanya pengotor lain seperti Mn, Si, P, dan S. Besi gubal bersifat keras tapi rapuh. Sebagian besar besi gubal langsung diolah menjadi baja dan sebagian lainnya dialirkan ke dalam cetakan, sehingga diperoleh besi tuang (*cast iron*).

b. Kegunaan besi dan senyawanya

1) Besi

Besi banyak digunakan dalam kehidupan karena sifat besi yang mudah dimodifikasi. Bijih besi banyak tersebar di dunia dan pengolahannya relatif murah dan mudah. Penggunaan utama besi adalah untuk membuat baja.

2) Baja

Baja merupakan istilah yang digunakan untuk semua logam aliasi (campur) dari besi. Saat ini, baja dibuat dari besi gubal (besi kasar) dengan menggunakan tungku oksigen, yaitu suatu silinder raksasa dengan pelapis yang bersifat basa didalamnya (disebut *converter*). Tungku ini berkapasitas sekitar 200 ton besi cair, 80 ton besi bekas, dan 18 ton kapur (CaO) sebagai fluks. Proses pembuatan baja dengan tungku oksigen memerlukan waktu sekitar 22 menit.



Gambar 4.22
Proses pembuatan baja (*steel*).

Sumber: Chemistry, The Molecular Nature of Matter and Change, Silberberg M. S

Proses pembuatan baja dimulai dengan menuangkan campuran yang berupa cairan yang sangat panas ke dalam tungku oksigen, kemudian ditiupkan oksigen murni melalui pipa berpendingin. Gas oksigen ini akan mengoksidasikan karbon menjadi karbon monoksida, sedangkan pengotor lain dikeluarkan melalui terak. Karbon, belerang, dan fosfor keluar sebagai oksida berupa gas, sedangkan silikon oksida membentuk terak di atas besi. Setelah terak dipisahkan, pada leburan besi ditambahkan karbon, mangan, atau unsur lain sesuai kebutuhan. Kadar karbon dalam baja berkisar antara 0,09 - 0,9 %. Beberapa jenis baja yang banyak dibuat diberikan pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17. Beberapa jenis baja.

Jenis baja	Komposisi	Sifat	Manfaat
Stainless steel	0,2-0,4% C 7-9% Ni 14-18% Cr	Tahan terhadap korosi	Membuat alat-alat rumah tangga dan alat pemotong
Baja wolfram	0,4-0,9% C 5% W	Sangat keras	Untuk mata pahat dan mesin bubut
Baja mangan	0,4-0,9% C 10-20% Mn	Keras dan kuat	Rel kereta api, pegas, kendaraan perang lapis baja dan mesin penghancur batu magnet

Jenis baja	Komposisi	Sifat	Manfaat
Baja nikel	35-40% Ni	Tahan terhadap goyangan	Komponen lampu pijar
Baja kromium-vanadium	1-10% Cr 0,15 V	Kuat dan tahan terhadap tekanan/beban	As roda
Baja silikon	1-15% Si	Keras, kuat, dan sifat magnetnya kuat	Magnet
Durion	12-15% Si	Tahan karat, dan tahan asam	Pipa, ketel, dan kondensor.
Invar	36% Ni	Koefisien muai rendah	Alat pengukur (meteran)
Baja -sedang	0,09-0,2% C 0,05-1,0% Mn 0,2-0,75% Si	Mudah dibentuk	Badan mobil, jarum, dan pipa.
Baja krom	8% Ni 18% Cr	Keras dan tahan aus	Pembuatan alat-alat arloji

Sumber: Kimia Unsur dan radiokimia, Hiskia Achmad

Sejauh Mana Pemahaman Kalian ?

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Jelaskan proses pemurnian bauksit.
2. Mengapa yang ditambahkan dalam proses pemurnian bauksit adalah $CaCO_3$ dan bukan NH_4Cl? Apa fungsi $CaCO_3$? Dapatkah $CaCO_3$ diganti senyawa lain?
3. Jelaskan proses pembuatan besi dan tuliskan reaksi-reaksi yang terjadi.
4. Apa yang dimaksud dengan baja dan bagaimana cara membuatnya?
5. Sebutkan jenis-jenis baja, komposisi, sifat, dan manfaatnya.

5. Nikel



Gambar 4.23
Nikel (Ni)

Sumber: www.chromnicle.co

Nikel adalah logam transisi yang dapat membentuk ion kompleks. Nikel diperoleh dari bijih sulfida dengan cara sebagai berikut.

a. Bijih sulfida dipekatkan dengan cara flotasi, kemudian konsentrat dilebur menjadi matte (75 % Ni, 5 % Cu, 1 % Fe, 0,5 % Co, dan 22 % ZnS). Istilah matte digunakan untuk campuran besi dengan tembaga sulfida yang diperoleh dari tahap antara peleburan bijih tembaga.

b. Nikel dalam matte dilarutkan dalam larutan ammonia yang mengandung oksigen.

$NiS(s) + 2O_2(g) + 6NH_3(aq) \rightarrow [Ni(NH_3)_6]^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq)$

c. Setelah penyaringan, kompleks nikel ammonia direduksi dengan hidrogen.

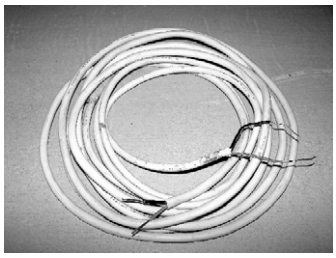
$[Ni(NH_3)_6]^{2+}(aq) + H_2(g) \rightarrow Ni(s) + 2NH_4(aq) + 4NH_3(g)$

Nikel dapat digunakan untuk melapisi logam lain dan membuat aliasi, misalnya baja stainless steel dan nikrom.

6. Tembaga

a. Pembuatan tembaga

Kalkopirit ($CuFeS_2$) merupakan bijih tembaga yang terpenting. Pengolahan tembaga relatif sulit, terutama memisahkan campurannya dari besi. Proses pengolahan tembaga dilakukan melalui lima tahap sebagai berikut.



Gambar 4.24
Kabel listrik dari tembaga (Cu).

Sumber: Dokumentasi Penerbit

1) Tahap pengapungan

Pada tahap ini dapat diperoleh bijih pekat yang mengandung 20-40 % Cu.

2) Tahap pemanggangan

Bijih pekat dari tahap pengapungan, kemudian dipanggang untuk mengubah besi sulfida menjadi besi oksida, sedangkan tembaga tetap berupa sulfida.

$4CuFeS_2 + 15O_2 \rightarrow 2Cu_2S + 2Fe_2O_3 + 6SO_4$

3) Tahap peleburan

Bijih yang sudah melalui pemanggangan kemudian dilebur, sehingga bahan tersebut mencair dan terpisah menjadi dua lapisan, yaitu:

- matte yang mengandung 30-60 % tembaga sebagai Cu_2S dan sedikit FeS,
- terak yang mengandung $FeSiO_3$.

4) Tahap pengubahan

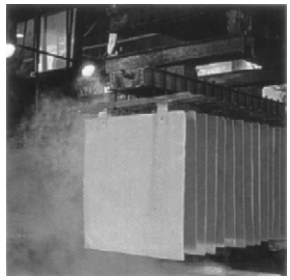
Pada tahap ini, matte dipindahkan ke dalam tungku lain dan ditiupkan udara, sehingga terjadi reaksi redoks yang menghasilkan tembaga kasar (*blister copper*).

$2Cu_2S(l) + 3O_2(g) \rightarrow 2Cu_2O(l) + 2SO_2(g)$

$2Cu_2O(l) + Cu_2S(l) \rightarrow 6Cu(l) + SO_2(g)$

Blister copper adalah tembaga yang mengandung gelembung gas SO_2 beku. Tembaga ini mengandung 98-99 % Cu dengan berbagai jenis pengotor seperti besi, seng, perak, emas, dan platina.

5) Tahap pemurnian (*refining*)



Gambar 4.25
Pemurnian tembaga dengan elektrolisis (*electrorefining*).

Sumber: Chemistry, The Molecular Nature of Matter and Change, Silberberg M. S

Pemurnian tembaga dilakukan dengan elektrolisis. Tembaga kasar digunakan sebagai anode, sedangkan untuk katodenya digunakan tembaga murni. Elektrolisis yang dilakukan pada suhu 50-60 °C dari larutan $CuSO_4$ yang diasamkan.

b. Kegunaan tembaga

Tembaga adalah logam yang berwarna kuning kemerahan dan tergolong logam yang kurang aktif. Penggunaan utama tembaga adalah untuk kabel listrik. Selain itu, tembaga digunakan untuk membuat paduan logam, seperti kuningan (Cu dan Zn) dan perunggu (Cu dan Sn). Perunggu banyak digunakan untuk perhiasan, senjata, lonceng, dan alat musik.

7. Timah

Timah adalah logam yang relatif lunak, berwarna putih perak, dan tahan karat. Timah diekstraksi dari bijihnya dengan cara berikut.

- Bijih dicuci dan dipekatkan dengan cara magnetik.
- Dipanggang untuk menghilangkan arsen dan belerang.
- Reduksi dengan antrasit atau kokas.

$SnO_2(s) + 2C(s) \rightarrow Sn(l) + 2CO(g)$

Timah digunakan untuk membuat kaleng (*tin plate*) dan membuat aliasi logam, seperti perunggu (5-15 % Sn dengan Cu), solder (40 % dengan Pb), dan pewter (92 % Sn, 6 % Sb, dan 2 % Cu).

8. Krom

Krom merupakan salah satu logam transisi terpenting. Logam ini sangat mengkilap, keras, dan tahan karat. Sepuhan krom (*chrome plating*) banyak digunakan untuk peralatan sehari-hari, mobil, dan sebagainya, dikarenakan lapisan krom sangat indah, keras, dan melindungi logam lain dari korosi.

Dalam bidang industri, krom diperlukan dalam dua bentuk,yaitu krom murni dan aliasi besi-krom yang disebut ferokrom. Logam krom diekstrak dari bijihnya dalam tahapan berikut.

- Krom(III) dalam bijih diubah menjadi dikromat (VI).

 $FeO{\cdot}CrO_3(s) + 4OH^-(aq) + O_2(g) \rightarrow FeO(s) + CrO_4^{2-}(aq) + 2H_2O(l)$

 $2CrO_4^{2-}(aq) \xrightarrow{\text{asam}} Cr_2O_7^{2-}(aq)$

- Reduksi Cr(VI) menjadi Cr(III).

 $Na_2Cr_2O_7(s) + 2C(s) \xrightarrow{200^\circ C} Cr_2O_3(s) + Na_2CO_3(s) + CO(g)$

- Reduksi krom(III) oksida dengan aluminium (reaksi termit).

 $Cr_2O_3(s) + 2Al(s) \rightarrow Al_2O_3(s) + 2Cr(s)$

Dari seluruh proses tersebut akan diperoleh logam krom dengan kemurnian 97-99 %. Adapun ferokrom diperoleh dari reduksi bijih dengan kokas atau silikon dalam tanur listrik. Reaksinya yang terjadi sebagai berikut.

$FeO{\cdot}Cr_2O_3(s) + 4C(s) \rightarrow FeCr(s) + 4CO(g)$

Penggunaan krom sangat terkenal karena penyepuhan krom (*chromium plating*) memberikan dua sifat, yaitu dekoratif dan sifat kekerasan. Sepuhan krom banyak digunakan untuk peralatan sehari-hari, komponen mobil (misal untuk lampu karena sifatnya yang mengkilap). Dalam industri logam, krom digunakan untuk aliasi dengan logam lain seperti nikel, besi, dan kobalt. Stainless steel merupakan salah satu jenis baja yang juga aliasi dari nikel, besi, dan krom. Larutan $K_2Cr_2O_7$ atau krom(III) oksida CrO_3 dalam asam sulfat pekat adalah



Gambar 4.26
Reaksi termit

Sumber: Chemistry, The Molecular Nature of Matter and Change, Silberberg M. S

oksidator kuat yang digunakan untuk mencuci alat laboratorium. $Na_2Cr_2O_7 \cdot 2H_2O$ dalam jumlah yang tidak sedikit digunakan dalam penyamakan kulit,menghasilkan kulit "samakan krom". Senyawa krom juga dapat digunakan sebagai pigmen, yaitu $PbCrO_4$ (kuning krom) dan Cr_2O_3 (hijau krom).

9. Emas

Emas merupakan logam mulia yang tidak asing lagi dalam kehidupan manusia. Logam ini berwarna kuning mengkilap, tahan karat, mudah ditempa, ditarik, dan umumnya ditemukan sebagai unsur bebas. Logam ini paling banyak dimanfaatkan sebagai perhiasan. Emas diekstraksi dari bijihnya dengan proses sebagai berikut.

- Pemekatan bijih emas dengan cara flotasi.
- Konsentrat diaduk dengan larutan NaCN, kemudian dengan udara emas dioksidasi.

 $4Au(s) + 8CN^-(aq) + O_2(g) + 2H_2O(l) \rightarrow 4Au(CN)_2^-(aq) + 4OH^-(aq)$
- Larutan emas dipisahkan dengan penyaringan.
- Menambahkan serbuk seng ke dalam filtrat, maka emas akan terpisah dari larutannya.

 $2Au(CN)_2^-(aq) + Zn(s) \rightarrow Zn(CN)_4^{2-}(aq) + 2Au(s)$

 Emas banyak digunakan untuk perhiasan seperti kalung, gelang, atau cincin. Emas juga dapat digunakan sebagai jaminan moneter dan komponen listrik berkualitas tinggi.



Sejauh Mana Pemahaman Kalian ?

1. Jelaskan cara pembuatan nikel.
2. Bagaimana reaksi elektrolisis tembaga? Apa fungsi elektrolisis dalam proses ekstraksi tembaga?
3. Apa fungsi penambahan serbuk seng pada ekstraksi emas?
4. Jelaskan proses untuk mendapatkan krom murni.
5. Mengapa krom banyak digunakan untuk komponen mobil dan senyawanya digunakan sebagai pigmen?

Tahukah Kalian

Istilah karat digunakan untuk menyatakan kadar logam mulia seperti emas. Kadar 24 diberikan pada emas murni. Dengan demikian emas 22 karat mengandung $\frac{22}{24}$ bagian emas. Selain itu, istilah karat juga digunakan untuk menyatakan satuan massa untuk batu mulia. Misalnya untuk intan, satu karat sama dengan 0,2 gram.

Latihan 4

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Mengapa natrium tidak dapat dibuat dari elektrolisis larutan NaCl?
2. Mengapa aluminium tidak cepat mengalami korosi, jika terkena udara dan uap air?
3. Pada elektrolisis lelehan natrium klorida digunakan arus sebanyak 3 faraday, berapa gram logam natrium dan berapa liter gas klor (STP) yang dihasilkan pada proses tersebut? Tuliskan reaksinya.
4. Suatu bijih besi mengandung 92 % massa Fe_2O_3, berapa kg besi yang terdapat dalam 1 ton bijih besi?
5. Tulis reaksi elektrolisis lelehan magnesium klorida. Berapa gram magnesium yang dihasilkan, jika pada elektrolisis itu dialirkan arus 1500 ampere selama 1 jam?

E. Pembuatan dan Kegunaan Unsur Nonlogam dan Senyawanya

1. Hidrogen

a. Pembuatan Hidrogen

Hidrogen adalah unsur dengan kelimpahannya terbesar di alam, tetapi hanya sedikit tertinggal di bumi. Hidrogen sangat reaktif, sehingga di bumi terdapat sebagai senyawa air dan hidrokarbon. Kandungan hidrogen dalam air 11,1 % berat, gas alam 25 %, minyak bumi 14 %, dan pati 6 %. Hidrogen dibuat dengan berbagai cara, diantaranya sebagai berikut.

- Mengalirkan uap air melalui besi panas

 $3Fe(s) + 4H_2O(g) \rightarrow Fe_3O_4(s) + 4H_2(g)$

- Pada kilang minyak bumi, hidrogen merupakan hasil samping dari cracking hidrokarbon. Gas hidrokarbon dialirkan melalui katalis panas dan terurai menjadi hidrogen dan hidrokarbon lain. Hidrokarbon yang ringan seperti metana, dipanaskan dengan uap air, kemudian dialirkan melalui katalis nikel krom pada suhu 750 °C dan tekanan 10 atm.

 $CH_4(g) + H_2O(g) \xrightarrow[750\ °C,\ 10\ atm]{Ni\text{-}Cr} CO(g) + 3H_2(g)$

- Hidrogen yang sangat murni (99,9 %), diperoleh dari elektrolisis air.

 $2H_2O \xrightarrow{elektrolisis} 2H_2(g) + O_2(g) \qquad \Delta H = +565\ kJ$

b. Kegunaan hidrogen

1) Hidrogen sebagai bahan bakar

 Hidrogen dapat digunakan sebagai bahan bakar, karena dapat terbakar dalam oksigen membentuk air dan menghasilkan energi. Bersama oksigen dapat digunakan dalam sel bahan bakar menghasilkan energi listrik. Pembakaran hidrogen dapat menghasilkan kalor sebanyak 286 kJ mol^{-1} hidrogen.

2) Untuk sintesis amoniak (proses *Haber*)

 $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$

3) Untuk pembuatan margarin

 Minyak yang merupakan ester tidak jenuh diubah menjadi senyawa yang jenuh menggunakan katalis nikel *Ramey*.

4) Hidrogen adalah gas yang paling ringan, sehingga sering digunakan untuk balon meteorologi.

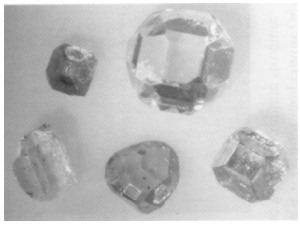
5) Hidrogen digunakan sebagai cairan kriogenik, yaitu untuk menghasilkan suhu rendah.

2. Karbon

Karbon merupakan salah satu unsur yang memegang peranan penting dalam kehidupan. Karbon dikenal dalam berbagai bentuk, seperti intan, grafit, dan arang. Kelimpahan karbon sebagai unsur tersebut sangat kecil (kurang 10 %), sedangkan sekitar 50 % karbon terdapat sebagai karbonat ($CaCO_3$) dan sisanya sebagai senyawa organik, seperti karbon dioksida dan hidrokarbon. Berikut beberapa unsur maupun senyawaan karbon dan kegunaannya.

a. Intan

Intan adalah zat padat yang bening berkilauan, mudah patah menjadi berkeping-keping, dan memiliki kekerasan yang paling tinggi diantara logam lainnya. Dalam intan, tiap atom karbon dihubungkan secara tetrahedral terhadap 4 atom lain dengan panjang ikatan C – C ≈1,54 Å dan membentuk jaringan kovalen berkelanjutan. Bentuk jaringan yang demikian tidak memungkinkan atom karbon bergerak secara individual dengan bebas, sehingga panas yang diterimanya akan diteruskan ke seluruh jaringan, akibatnya intan bersifat konduktor panas yang sangat baik (kira-kira lima kali lebih baik dari tembaga). Untuk memutuskan ikatan kovalen dalam jaringan seperti itu dibutuhkan energi panas yang sangat tinggi, sehingga intan mempunyai titik leleh ≈ 4100 °C.



Gambar 4.27
Intan sintesis yang dibuat dari bahan dasar grafit.

Sumber: General Chemistry, Principles and Modern Applications, Petrucci R. H, Harwood W. S, dan Herring G. F

Pemanfaatan intan berdasarkan pada sifat kekerasannya adalah sebagai pelapis alat-alat pemotong gelas dan baja. Karena sifat mengkilap dan refleksinya, intan dimanfaatkan untuk batu permata yang mahal harganya. Batu permata buatan yang mirip, misalnya *zirkonia kubus* dan *yttrium aluminium garnet*. Dewasa ini sedang dikembangkan pembuatan film-intan untuk melapisi *microprocessor chips,* agar komputer tahan panas sebagai akibat tahanan listrik dalam sirkuit listrik komputer. Intan buatan dibuat dari grafit melalui pemanasan pada suhu sekitar 3300 °C dan tekanan sekitar 125000 atm.

b. Grafit

Berbeda dengan struktur intan, dalam grafit tiap atom karbon dihubungkan secara bidang trigonal terhadap tiga atom karbon lain dan membentuk lingkar enam dengan panjang ikatan C – C ≈ 1,42 Å. Grafit berwarna hitam, lunak, dan mempunyai massa jenis lebih rendah dari intan (2,2 g cm^{-1}). Grafit mempunyai titik leleh sangat tinggi, permukaannya halus-licin. Karena permukaannya yang halus-licin grafit dimanfaatkan sebagai berikut.

- Sebagai pelumas.
- Campuran grafit dan lempung digunakan untuk membuat pensil dan bahan kosmetik.
- Anode dalam batu baterai dan dalam berbagai proses elektrolisis.
- Komponen dalam pembuatan komposit.

Kegiatan Mandiri

Buat kelompok yang terdiri atas 4 orang. Rancang cara pemurnian air dengan arang aktif. Buktikan apa rancangan kalian sudah benar.

c. Arang aktif

Pemanasan kayu tanpa udara akan menghasilkan arang. Arang karbon yang diaktifkan melalui pemanasan dengan uap untuk membersihkan permukaannya disebut arang aktif. Arang aktif merupakan bahan penyerap yang sangat baik dan mempunyai luas permukaan tinggi (600-2000 m^2/g). Karena sifat adsorpsinya yang sangat baik, arang aktif digunakan sebagai berikut.

- Mengusir uap yang berbahaya dalam udara.
- Menyerap warna dan rasa yang tidak baik dari suatu cairan atau larutan tertentu.
- Mengalirkan air pada pabrik pemurnian air minum, buah-buahan (juice), madu, dan vodka.
- Sebagai obat sakit perut atau keracunan makanan (norit).

d. Karbon hitam

Pada umumnya, karbon hitam dibuat dengan cara dekomposisi termal senyawa hidrokarbon pada pembakaran terbuka, hasilnya berupa karbon serbuk halus dan sangat murni. Karbon hitam banyak digunakan sebagai berikut.

- Pigmen tinta, cat, kertas, dan plastik.
- Penguatan dan pewarnaan karet (khususnya ban kendaraan bermotor).
- Membuat ebonit.

e. Karbon monoksida (CO)

Gas CO tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa namun sangat beracun. Karbon monoksida di udara berasal dari pembakaran tak sempurna dalam mesin kendaraan bermotor dan industri. Gas ini dapat berikatan dengan hemoglobin dalam darah, sehingga menghalangi fungsi utama darah sebagai pengangkut darah. Meskipun karbon monoksida lebih dikenal sebagai senyawa yang berbahaya, tetapi masih ada manfaat yang dapat diambil darinya, yaitu

- bahan baku pembuat metanol,
- reduktor pada pengolahan berbagai jenis logam,
- komponen dari berbagai jenis bahan bakar, seperti terlihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Gas bahan bakar.

Nama	Komposisi (%)		Sumber
Gas air	CO H_2 CO_2 N_2	40-50 45-50 3-7 4-5	Reaksi uap air dengan arang panas. $C(s) + H_2O(l) \rightarrow CO(g) + H_2(g)$
Gas	CO H_2 N_2	20-35 5-10 55-65	Arang dibakar dalam udara uap air, pada kondisi yang menghasilkan karbon monoksida dan hidrogen.
Gas arang	H_2 CH_4 CO	45-54 28-34 6-7	Produk sampingan dalam pembuatan kokas dengan penyulingan kering.
Gas alam	CH_4 C_2H_6	50-92 2-14	Sumur gas dan minyak.

Sumber: Kimia Unsur dan radiokimia, Hiskia Achmad

f. Karbon dioksida (CO_2)

Karbon dioksida terbentuk dari hasil pembakaran bahan bakar seperti arang, minyak bumi, dan kayu. Karbon dioksida juga dikeluarkan oleh manusia dan hewan dari hasil oksidasi makanan dalam tubuh. Karbon dioksida terdapat di udara sekitar 0,03 %; molaritasnya bisa naik menjadi 1 % jika suatu ruang penuh sesak orang. Karbon dioksida tidak beracun, tetapi jika kadarnya terlalu tinggi (10-20 %) dapat mengurangi kadar oksigen dalam darah, sehingga orang menjadi pingsan.

Karbon dioksida merupakan komponen utama siklus karbon di alam. Jumlah CO_2 yang sangat besar dihasilkan oleh aktivitas manusia akan menggeser kesetimbangan proses alamiah. Peningkatan CO_2 akan mengakibatkan "efek rumah kaca" (*green house effect*), sehingga akan terjadi peningkatan suhu yang mengakibatkan es di kutub akan mencair dan menaikkan permukaan samudra, dan membanjiri kota-kota pantai di seluruh dunia.

Karbon dioksida dalam jumlah besar diperoleh dari pembakaran residu penyulingan minyak bumi, hasil samping produksi urea, dan proses pembuatan alkohol dengan sistem peragian.

Manfaat karbon dioksida dalam kehidupan kita sebagai berikut.

- Sebagai pengisi alat semprot pemadam kebakaran karena CO_2 lebih berat dari udara sehingga dapat mengusir udara pada sekitar daerah yang disemprot.

- Karbon dioksida padat disebut es kering (*dry ice*) yang digunakan sebagai pendingin.
- Digunakan pada berbagai macam minuman ringan (*soft drink*) berkarbonasi. Minuman bersoda mengandung CO_2 yang memberi rasa menyegarkan.



Sejauh Mana Pemahaman Kalian ?

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Bagaimana hidrogen murni dapat diperoleh?
2. Jelaskan manfaat dari hidrogen.
3. Jelaskan perbedaan intan dengan grafit.
4. Apa kegunaan arang aktif?
5. Apa yang kalian ketahui tentang gas karbon monoksida?

3. Nitrogen



Gambar 4.28
Amoniak cair yang digunakan sebagai penyubur tanah.

Sumber: Chemistry, The Molecular Nature of Matter and Change, Silberberg M.S

Nitrogen sebagai unsur N_2 terdapat sebanyak 78 % dalam udara, dan senyawaan nitrogen (terutama protein) merupakan salah satu bahan penyusun dari makhluk hidup. Kelimpahan nitrogen di kulit bumi sekitar 0,03 %.

Gas nitrogen merupakan gas yang tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa dengan titik leleh –210 C dan titik didih –196 C. Gas nitrogen termasuk unsur yang sukar bereaksi, kecuali pada suhu tinggi dengan bantuan katalisator. Gas nitrogen sukar bereaksi karena adanya kekuatan ikatan rangkap tiga dari setiap unsur N_2. Energi ikatan N_2 sangat tinggi, yaitu 946 kJ mol^{-1}.

Di laboratorium nitrogen dapat dibuat dengan memanaskan larutan yang mengandung garam amoniak dan garam nitrit, dengan reaksi sebagai berikut.

$$NH_4^+(aq) + NO_2^-(aq) \rightarrow N_2(g) + 2H_2O(l)$$

Secara komersial nitrogen diperoleh dengan cara pencairan udara. Penggunaan nitrogen sebagai berikut.

- Sebagian besar digunakan sebagai bahan untuk membuat amoniak, urea, amonium sulfat, dan asam nitrat.
- Digunakan sebagai selubung gas inert untuk menghilangkan oksigen pada pembuatan alat elektronika.
- Nitrogen cair digunakan dalam industri makanan untuk mempercepat proses pendinginan.

a. Amoniak

Amoniak merupakan senyawa yang sangat bermanfaat, sehingga dibuat secara komersial dalam jumlah besar. Gas amoniak berbau khas dan sangat menyengat dengan titik leleh –77,8 C dan titik didih –33,4 C.

Pembuatan amoniak secara komersial menggunakan proses *Haber-Bosch* dengan mereaksikan nitrogen dan hidrogen.

$$N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$$

Suhu yang digunakan pada reaksi di atas sekitar 500 C dan tekanan sebesar 300 atm. Katalis yang digunakan adalah Fe_3O_4; 0,35 % K_2O; 0,84 % Al_2O_3; dan sedikit CaO. Amoniak banyak digunakan sebagai berikut.

- Pembuatan pupuk seperti urea dan ZA.
- Mensintesis senyawa nitrogen yang lain seperti HNO_3, NH_4NO_3, dan KNO_3.
- Sebagai pendingin (*refrigerant*) dalam pabrik es.
- Membuat hidrazin, N_2H_4 yang digunakan untuk bahan bakar roket.
- Digunakan dalam industri plastik, detergen, dan bahan peledak.

b. Asam nitrat

Asam nitrat, HNO_3 merupakan senyawa kovalen yang berupa cairan tak berwarna. Larutannya pekat dan kurang stabil, sehingga secara perlahan mudah terurai oleh panas dan cahaya. Asam nitrat, asam sulfat, dan asam klorida merupakan asam kuat yang paling umum digunakan. Asam nitrat dapat melarutkan semua logam, kecuali emas dan platina. Emas dan platina dapat larut dalam aqua regia yaitu campuran antara asam klorida pekat dan asam nitrat pekat dengan perbandingan volume 3 : 1.

Secara komersial asam nitrat dibuat dengan cara oksidasi amoniak menggunakan proses *Oswald*. Pada proses ini amoniak dan udara terlebih dahulu dialirkan melalui katalis platina-rhodium pada suhu sekitar 950 C. Agar reaksi dapat berlangsung, terlebih dahulu harus menggunakan pemanas listrik.

$$4NH_3(g) + 5O_2(g) \rightarrow 4NO(g) + 6H_2O(l)$$

Setelah didinginkan sampai 150 C, gas NO dicampur udara untuk menghasilkan nitrogen dioksida.

$$2NO(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO_2(g)$$

Nitrogen dioksida dan udara sisa dialirkan ke dasar menara, kemudian disemprotkan air pada suhu kira-kira 80 C.

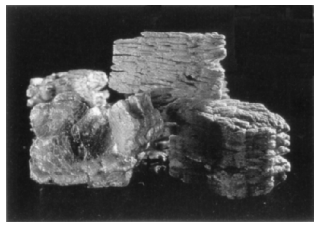
$$4NO_2(g) + O_2(g) + 2H_2O(l) \rightarrow 4HNO_3(aq)$$

larutan yang diperoleh mengandung 70 % massa asam nitrat.

Penggunaan asam nitrat:

- Digunakan dalam industri pupuk.
- Bahan nitrasi pada selulosa, gliserol, dan toluen yang digunakan sebagai bahan peledak.
- Bahan nitrasi pada senyawa organik untuk detergen, obat-obatan, zat warna, dan pestisida.

4. Silikon



Gambar 4.29
Muskovit (mika)

Silikon banyak terdapat dalam bentuk senyawa terutama sebagai silika dan silikat. Kristal silika (SiO_2) murni di alam ditemukan dalam tiga bentuk poliformis, yang paling umum terdapat di alam adalah kuarsa. Silika mempunyai bentuk yang beragam karena jumlah pengotor yang runut di dalamnya, seperti pasir, akik, oniks, opal, ametis (batu kecubung), dan flint.

Silikat merupakan senyawa silikon-oksigen yang paling melimpah dari semua senyawa yang ada di kulit bumi. Kebanyakan batuan dan mineral adalah silikat dengan kisi

- Si - O - Si - O -

Beberapa silikat yang paling melimpah di alam disajikan pada Tabel 4.19

Tabel 4.19. Beberapa mineral silikat.

Kelompok Mineral	% dalam Kulit Bumi	Struktur Khas	Rumus dan Nama Umum
Feldsfar	49	Kristal besar dalam tiga dimensi (seperti kotak)	$KAlSi_3O_8$, ortoklase $NaAlSi_3O_8$, albit $CaAlSi_2O_8$, anortit $Na_4Al_3Si_3O_{12}Cl$, sodalit
Kuarsa	21	Kristal besar dalam tiga dimensi (seperti kotak)	SiO_2, silika
Amfibol atau piroksena	15	Kristal besar dalam satu dimensi (seperti rantai)	$CaSiO_3$, wolastonit $NaAlSi_2$, jadeit $Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$, tremolit suatu asbes
Mika	8	Kristal besar dalam dua dimensi (seperti lapisan)	$KAl_2Si_3AlO_{10}(OH)_2$, muskovit. $K_2Li_3Al_4Si_7O_{21}(OHF)_3$, lepidolit

Sumber: Kimia Unsur dan Radio Kimia, Hiskia Achmad

a. Pembuatan silikon

Silikon dibuat dari silika dengan kokas sebagai reduktor. Campuran silika dan kokas dipanaskan dalam tanur listrik pada suhu sekitar 3000 °C.

$$SiO_2(l) + C(s) \rightarrow Si(l) + 2CO(g)$$

Adapun pembuatan silikon murni dilakukan dengan langkah-langkah berikut.

1) Silikon direaksikan dengan klor.

 $$Si(s) + 2Cl_2(g) \rightarrow SiCl_4(aq)$$

 Silikon tetraklorida yang dihasilkan merupakan cairan yang mudah menguap dengan titik didih 58 °C.

2) $SiCl_4$ dimurnikan dengan distilasi bertingkat.

3) Hasil distilasi direduksi dengan mengalirkan campuran uap $SiCl_4$ dengan gas H_2 melalui suatu tabung yang dipanaskan.

 $$SiCl_4(g) + 2H_2(g) \rightarrow Si(s) + 4HCl(g)$$

 Pada akhir reaksi diperoleh silikon ultra murni dengan pengotor sekitar 10^{-8} %.

b. Kegunaan silikon dan senyawanya

1) Silikon

 Kegunaan utama silikon adalah untuk membuat transistor, *chips* komputer, dan sel surya. Silikon juga digunakan dalam berbagai aliase dengan besi (baja). Baja mengandung sekitar 0,03 % silikon, sedangkan durion mengandung 15 % silikon. Baja ini bersifat keras tapi rapuh dan sangat tahan karat.

2) Senyawa Silikon

- *Kuarsa* digunakan untuk membuat cawan dan bejana laboratorium lain yang akan dipanaskan sampai suhu yang sangat tinggi.
- *Silika* dan *silikat* digunakan untuk membuat keramik, kaca, semen, dan porselin.
- *Water glass* (Na_2SiO_3) digunakan untuk mengawetkan telur, sebagai bahan perekat, dan sebagai bahan pengisi dalam detergen.
- *Korundum* (SiC) digunakan sebagai ampelas.
- *Silika gel* digunakan sebagai pengering dalam berbagai macam produk karena sifatnya yang higroskopis.

Sejauh Mana Pemahaman Kalian ?

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Jelaskan kegunaan nitrogen.
2. Jelaskan cara pembuatan amoniak.
3. Jelaskan pembuatan asam nitrat.
4. Jelaskan manfaat silikon dan senyawanya.
5. Jelaskan proses pemurnian $SiCl_4$ dengan distilasi bertingkat.

5. Fosfor

a. Pembuatan fosfor

Pada suhu biasa fosfor mempunyai beberapa bentuk alotrop. Yang terpenting adalah fosfor putih dan fosfor merah. Fosfor menempati peringkat kesepuluh dalam kelimpahan unsur, terdapat sebagai fosfat dalam berbagai mineral. Mineral fosfat yang terpenting adalah fluoroapati, $Ca_5(PO_4)_3F$ dan fosforit yang merupakan hidroksiapatit, $Ca_5(PO_4)_3OH$.

Unsur fosfor diproduksi dari batu fosfat yang dipanaskan dengan silika dan kokas dalam tanur listrik.



Gambar 4.30
Fosfor yang banyak dibuat untuk kembang api.

Sumber: Chemistry, The Molecular Nature of Matter and Change, Silberberg M. S

$2Ca(PO_4)_2(s)+6SiO_2(s)+10C(s) \xrightarrow{1200\text{-}1450^{\circ}C} 6CaSiO_3(l) + 10CO(g) + P_4(g) \quad \Delta H = 3050$ kJ.

b. Kegunaan fosfor dan senyawanya

1) Fosfor

Fosfor digunakan untuk pembuatan fosfat, korek api, kembang api, racun tikus, dan zat pembentuk paduan logam.



Sumber: Dokumentasi Penerbit

Gambar 4.31
Korek api mengandung fosfor.

2) Fosfor triklorida (PCl_3)

Fosfor triklorida adalah cairan yang mudah menguap dan mendidih pada suhu 76 °C. PCl_3 digunakan sebagai bahan dasar untuk membuat berbagai senyawa fosfor, seperti $POCl_3$ dan komponen dari pestisida.

3). Fosforil klorida ($POCl_3$)

Senyawa ini digunakan sebagai komponen dalam zat pemadam kebakaran karena dapat memperlambat terjadinya nyala.

4) Asam fosfat (H_3PO_4)

Asam ini diproduksi secara besar-besaran untuk digunakan pada pembuatan pupuk superfosfat , zat aditif makanan, bahan pembersih lantai, insektisida, dan pembuatan detergen.

5) Pupuk super fosfat

Fosfor tergolong unsur makro, yaitu unsur yang diperlukan tumbuhan dalam jumlah banyak. Pupuk yang mengandung senyawa $Ca(H_2PO_4)_2$ disebut pupuk superfosfat karena mudah larut dalam air. Selain superfosfat, senyawa yang digunakan sebagai pupuk fosfat adalah amonium fosfat sekunder, $(NH_4)_2HPO_4$.

6. Oksigen

Oksigen merupakan unsur utama dalam kerak bumi, yaitu sekitar 46,6 % massa kerak bumi, 89 % massa air, dan kurang lebih 21 % di atmosfer. Di alam oksigen dijumpai sebagai oksida, dalam senyawa organik, air, dan sebagai unsur bebas di atmosfer.

a. Pembuatan oksigen

1) Oksigen dapat dibuat dengan beberapa cara di laboratorium, yaitu:

- Penguraian katalitik hidrogen peroksida

$2H_2O_2(aq) \xrightarrow{MnO_2} 2H_2O(l) + O_2(g)$

- Penguaraian termal senyawa yang mengandung banyak oksigen

 $2KMnO_4(s) \rightarrow K_2MnO_4(s) + MnO_2(s) + O_2(g)$

 $2KClO_3(s) \xrightarrow{PbO_2} 2KCl(s) + 3O_2(g)$

 $2KNO_3(s) \rightarrow 2KNO_2(s) + O_2(g)$
- Reaksi antara peroksida dengan air.

 $4NaO_2(s) + 2H_2O(l) \rightarrow 4NaOH(aq) + 3O_2(g)$

2) Pembuatan oksigen dalam industri (secara komersial) dilakukan dengan cara distilasi bertingkat udara cair dan elektrolisis air

$2H_2O(l) \xrightarrow{\text{elektrolisis}} 2H_2(g) + O_2(g)$

b. Kegunaan oksigen

Oksigen di udara berguna untuk pernapasan makhluk hidup dan untuk melangsungkan reaksi pembakaran. Adapun secara komersial, penggunaan oksigen adalah sebagai berikut.

- Untuk pernapasan penyelam, astronaut, dan penderita penyakit tertentu.
- Oksigen digunakan dalam industri baja untuk mengurangi kadar karbon dalam besi gubal.
- Bersama-sama dengan gas asetilena digunakan untuk mengelas baja.
- Oksigen cair dengan hidrogen cair digunakan sebagai bahan bakar roket untuk mendorong pesawat ruang angkasa.
- Oksigen digunakan dalam industri kimia untuk mengoksidasikan berbagai zat.



Sejauh Mana Pemahaman Kalian ?

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Jelaskan perbedaan 2 alotropi fosfor.
2. Jelaskan bagaimana pembentukkan fosfor dari bijihnya.
3. Apa yang kalian ketahui tentang pupuk superfosfat?
4. Jelaskan cara pembuatan okigen di laboratorium.
5. Jelaskan kegunaan oksigen.

7. Belerang



Gambar 4.32
Belerang

Sumber:Dokumentasi Penerbit

Belerang terdapat dalam dua bentuk alotropi. Kedua alotropi ini adalah belerang rhombis yang berwarna kuning dan disebut belerang-α (titik leleh 112,8 ^{o}C) serta belerang monoklin dan disebut belerang-β (titik leleh 119,25 ^{o}C). Belerang rhombis akan berubah menjadi belerang monoklin pada suhu 95,6 ^{o}C. Satuan struktur kedua bentuk alotropi dalam keadaan cair mengerut menjadi lingkar S_8. Unsur ini mempunyai titik didih 444,6 ^{o}C.

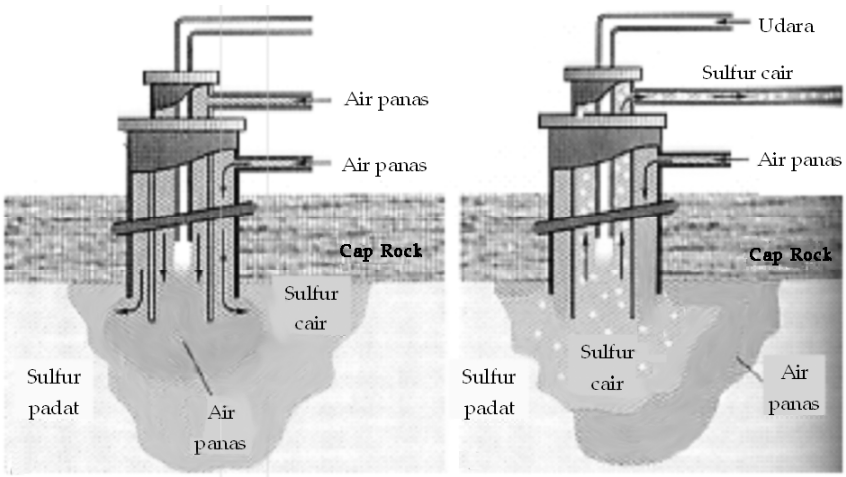
Belerang ditemukan di alam sebagai unsur bebas, sulfat maupun sebagai bijih sulfida. Sebagai unsur bebas biasanya ditemukan dalam lapisan ± 150 m di bawah batu karang, pasir, atau tanah liat di daerah gunung berapi. Sulfida banyak ditemui di daerah pegunungan, dalam bentuk blende (tidak mengkilap), glans (mengkilap dan berwarna gelap) serta kies (mengkilap dan berwarna muda). Misal timbal glans (PbS), seng blende (ZnS), dan pyrit atau *ijzerkies* (FeS_2).

a. Pembuatan belerang

Bijih belerang yang terdapat di bawah permukaan ditambang dengan proses *Frasch*. Pada proses ini pipa logam yang berdiameter 15 cm berisi dua pipa konsentrik yang lebih kecil ditanam sampai menyentuh lapisan belerang. Uap air yang sangat panas (suhu sekitar 160 ^{o}C dan tekanan 16 atm) dipompakan melalui pipa bagian luar sehingga belerang akan meleleh. Selanjutnya dimasukkan udara bertekanan tinggi (20-25 atm) melalui pipa terkecil, sehingga terbentuk busa belerang yang akan terpompa ke atas melalui pipa ketiga. Kemurnian belerang yang dihasilkan mencapai 99,5 %.

Saat ini, proses *Frasch* bukan cara utama memperoleh belerang karena kebutuhan belerang lebih banyak berasal dari hasil desulfurisasi minyak bumi. Desulfurisasi minyak bumi dilakukan untuk mengurangi pencemaran akibat pembakaran belerang dalam bahan bakar minyak.

Gambar 4.33
Penambangan belerang dengan proses Frasch



Sumber: Chemistry, The Molecular Nature of Matter and Change, Silberberg M. S

b. Kegunaan belerang

Penggunaan utama belerang adalah untuk membuat asam sulfat, sedikit belerang digunakan pada vulkanisasi karet untuk industri ban kendaraan.

1) Asam sulfat

Senyawa belerang yang terpenting dan banyak diproduksi adalah asam sulfat (H_2SO_4). Senyawa ini tergolong asam kuat yang mempunyai afinitas besar terhadap air dan sangat higroskopis. Pada pencampuran asam sulfat dengan air akan menimbulkan banyak panas. Dalam industri, asam sulfat dibuat dengan dua cara, yaitu

- Proses kontak

 Proses kontak menggunakan bahan baku SO_2 yang diperoleh dari pemanggangan sulfida atau belerang. Gas SO_2 yang terjadi dicampur dengan udara yang dialirkan melalui katalisator kontak V_2O_5 pada suhu ± 400 °C. Gas SO_3 yang terbentuk dialirkan ke dalam larutan asam sulfat encer, sehingga akan terbentuk asam pirosulfat. Dengan menambahkan air ke dalam campuran ini akan diperoleh asam sulfat pekat dengan kadar sekitar 98 %. Dalam reaksi ini, V_2O_5 merupakan katalis oksidator, karena selain bertindak sebagai katalisator juga berfungsi sebagai oksidator. Reaksi-reaksi yang terjadi selama proses tersebut adalah sebagai berikut.

$4FeS_2(s) + 11O_2(g) \rightarrow 2Fe_2O_3(s) + 8SO_2(g)$ (pemanggangan pyrit)
atau $S(s) + O_2(g) \rightarrow SO_2(g)$ (pembakaran belerang)
$SO_2(g) + V_2O_5 \rightarrow SO_3(g) + V_2O_4$ (oksidasi katalitik)
$V_2O_4 + \frac{1}{2} O_2(g) \rightarrow V_2O_5$

$SO_2(g) + \frac{1}{2} O_2(g) \rightarrow SO_3(g)$ + (pembentukan SO_3)
$SO_3(g) + H_2SO_4(aq) \rightarrow H_2S_2O_7(aq)$ (pembentukan pirosulfat)
$H_2S_2O_7(aq) + H_2O(l) \rightarrow 2H_2SO_4(aq)$ (pembentukan asam sulfat)

- Proses bilik timbal

 Proses bilik timbal menggunakan bahan baku yang sama dengan proses kontak, tetapi menggunakan katalisator uap nitroso, yaitu campuran antara NO dan NO_2. Mula-mula SO_2 dialirkan bersama asam nitrat ke dalam menara *Glover*, sehingga asam nitrat akan terurai menjadi NO dan NO_2. Campuran gas bersama udara dan uap air dialirkan ke dalam ruangan yang dilapisi timbal (bilik timbal), sehingga terbentuk asam nitrosil ($HNOSO_4$). Ke dalam bilik timbal disemprotkan air, maka asam nitrosil terurai menjadi asam sulfat, gas NO dan NO_2 yang dihasilkan dialirkan ke menara *Gay Lussac* untuk diubah menjadi asam nitrat lalu dialirkan balik ke menara *Glover*. Asam sulfat yang terbentuk dialirkan ke dalam bak penampungan.
 Reaksi yang terjadi
 $2SO_2(g) + O_2(g) + NO(g) + NO_2(g) + H_2O(l) \rightarrow 2HNOSO_4(aq)$
 $2HNOSO_4(aq) + H_2O(l) \rightarrow 2H_2SO_4(aq) + NO(g) + NO_2(g)$

 Pada proses ini diperoleh asam sulfat yang kemurniannya lebih rendah (kadarnya 80 %) jika dibandingkan dengan asam sulfat yang diperoleh melalui proses kontak.

2) Penggunaan asam sulfat

Penggunaan utama dari asam sulfat adalah untuk industri pupuk dan detergen. Penggunaan lain adalah pada industri logam untuk membersihkan permukaan logam dalam elektroplating, industri zat warna, bahan peledak, obat-obatan, pemurnian minyak bumi, dan pengisi aki.

8. Halogen

a. Fluor dan senyawanya

Unsur fluor dihasilkan melalui elektrolisis HF dalam KF. Reaksinya sebagai berikut.

Anode : $2F^-(aq) \rightarrow F_2(g) + 2e^-$

Katode: $2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(g)$

Fluor digunakan untuk membuat senyawa klorofluorokarbon (CFC) atau lebih dikenal dengan nama freon. Freon digunakan sebagai cairan pendingin. Dalam teknologi nuklir, fluor digunakan untuk memisahkan isotop U-235 dari U-238. Adapun senyawa fluor, seperti garam fluorida digunakan dalam pasta gigi dan air minum, sedangkan hidrogen fluorida digunakan untuk membuat tulisan atau lukisan di atas kaca karena HF dapat melarutkan kaca.

b. Klor dan senyawanya

Klor diproduksi secara komersial melalui elektrolisis larutan natrium klorida, yaitu

$$2NaCl(aq) + 2H_2O(l) \xrightarrow{\text{elektrolisis}} Cl_2(g) + H_2(g) + 2NaOH(aq)$$

Klor digunakan untuk klorasi hidrokarbon, pembuatan tetraklorometana, pembuatan etil klorida untuk membuat TEL yang digunakan sebagai zat aditif bensin dan untuk industri berbagai jenis pestisida. Selain itu, klor merupakan desinfektan dalam air minum dan kolam renang, pemutih pada industri pulp dan kertas. Diantara senyawa klor, NaCl, dan HCl adalah senyawa yang paling banyak kegunaannya. HCl digunakan untuk membersihkan permukaan logam dari karat pada elektroplating dan menetralkan basa, sedangkan NaCl dapat digunakan untuk membuat unsur lain.

c. Brom dan senyawanya

Brom dapat dibuat dari reaksi suatu bromida dengan klor. Reaksinya yang terjadi

$$2NaBr(aq) + Cl_2(g) \rightarrow 2NaCl(aq) + Br_2(l)$$

Brom digunakan untuk membuat etilenbromida($C_2H_4Br_2$), yaitu zat yang dicampurkan ke dalam bensin bertimbel. Brom juga digunakan untuk membuat AgBr, yaitu bahan yang sensitif terhadap cahaya pada film fotografi.

Kegiatan Mandiri

Rancang dan lakukan suatu kegiatan untuk mempelajari reaksi antara iodida(I^-) dengan iodat(IO_3^-). Susun laporan selengkap mungkin tentang hasil kegiatan kalian. Komunikasikan dengan teman kalian.

d. Iod dan senyawanya

Iod dapat dibuat dari suatu iodida dengan gas klor. Reaksi yang terjadi dapat dituliskan sebagai berikut.

$$2KI(aq)+MnO_2(s)+2H_2SO_4(aq) \rightarrow K_2SO_4(s)+MnSO_4(s)+2H_2O(l)+ I_2(s)$$

Iod banyak digunakan untuk obat-obatan. Iodoform(CHI_3) adalah antiseptik, larutan iod dalam alkohol disebut tinkur iodin dan digunakan sebagai antiseptik untuk luka. Natrium iodat

($NaIO_3$) atau natrium iodida (NaI) dicampurkan ke dalam garam dapur, karena iod sangat penting untuk kesehatan. Kekurangan iod dapat menyebabkan penyakit gondok dan retardasi moral.



Sejauh Mana Pemahaman Kalian ?

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Bagaimana reaksi-reaksi yang terjadi pada proses kontak?
2. Mengapa proses kontak lebih disukai daripada proses bilik timbal?
3. Mengapa iodin sangat diperlukan tubuh? Jelaskan kegunaan iodin yang lain.
4. Bagaimana klor dapat diperoleh?
5. Tuliskan reaksi elektrolisis HF.



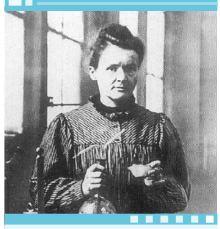
Latihan 5

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Apa yang terbentuk pada anode sewaktu elektrolisis larutan natrium klorida encer?
2. Misalkan suatu instalasi energi setiap harinya membuang 2,7 ton klor (dalam berbagai senyawaan klor) ke dalam aliran sungai dengan aliran 50 ton per detik. Berapa banyak klor terdapat dalam air (dalam bagian per juta, ppm) yang disebabkan oleh instalasi tersebut?
3. Jelaskan mengapa pada proses *Haber* digunakan suhu dan tekanan sedang, padahal secara teoritis sangat baik melakukan proses *Haber* pada suhu dan tekanan tinggi?
4. Jelaskan dalam kaitan dengan strukturnya, mengapa intan lebih keras, kurang liat, kurang dapat ditempa, dan penghantar listrik yang buruk dibanding grafit?
5. Pada pembakaran 5 ton karbon terjadi pembakaran yang kurang sempurna, sehingga terbentuk gas CO_2 sebanyak 5 % dan sisanya gas CO. Berapa liter gas CO_2 dan CO yang terbentuk, jika pembakaran pada suhu 20 C dan tekanan 2 atm?

F. Unsur-Unsur Radioaktif

Tokoh Kita



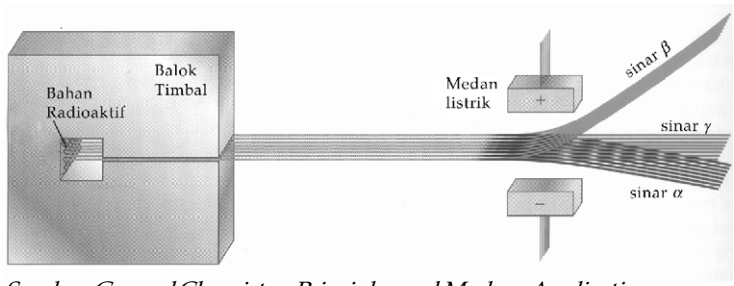
Penemu zat radioaktif pertama kali adalah *Marie Sklodowska Curie.*

Sumber: General Chemistry, Hill J. W, Petrucci R. H, Mc Creary T. W, dan Perry S. S

Unsur-unsur yang ada di alam ada yang bersifat radioaktif, yaitu dapat meluruh dengan sendirinya. Peluruhan yang dilakukan oleh unsur radioaktif disertai dengan pemancaran sinar-sinar tertentu. Sifat-sifat tersebut biasanya dimiliki oleh uusur-unsur dengan massa atom relatif di atas 207. Cabang kimia yang mempelajari tentang susunan dan struktur atom dari unsur radioaktif, pengolahannya dan cara kerja pengolahan tersebut adalah radiokimia. Isotop tak stabil suatu unsur yang dapat meluruh dengan sendirinya(serta merta) dengan memancarkan sinar tertentu disebut radioisotop atau isotop radioaktif, sedangkan isotop yang tidak radioaktif disebut isotop stabil.

1. Sinar-sinar radioaktif

Sinar-sinar radioaktif secara umum mempunyai sifat dapat menembus logam yang tipis, menghitamkan plat film, dapat diuraikan oleh medan magnet menjadi 3 berkas sinar, yaitu sinar alfa, beta, dan gamma.



Gambar 4.34
Jenis-jenis sinar dari bahan radioaktif.

Sumber: General Chemistry, Principles and Modern Applications, Petrucci R. H, Harwood W. S, dan Herring G. F

a. Sinar alfa (α)

Apa sinar alfa itu? Sinar alfa (α) merupakan radiasi partikel bermuatan positif dan merupakan inti helium ($_2^4He$). Pemancaran sinar alfa mengakibatkan nomor atom berkurang dua sedangkan nomor massa berkurang empat.

Sinar alfa dipancarkan oleh inti dengan kecepatan sekitar $\frac{1}{10}$ kecepatan cahaya. Sinar alfa memiliki daya tembus paling lemah di antara sinar radioaktif lainnya, karena memiliki massa yang besar. Sinar alfa dapat dihentikan oleh selembar kertas biasa. Di dalam medan magnet, sinar alfa membelok ke kutub magnet.

b. Sinar beta (β)

Sinar beta merupakan radiasi partikel bermuatan negatif. Sinar ini merupakan berkas elektron yang berasal dari inti dan bermassa $\frac{1}{1836}$ sma. Oleh karena sangat kecil, maka partikel beta dianggap tidak bermassa dan dinotasikan ${}^{0}_{-1}e$.

Sinar beta mempunyai daya tembus lebih besar dari pada sinar alfa, sedangkan daya pengionannya lebih kecil dari sinar alfa. Sinar beta dalam medan magnet membelok ke kutub positif.

c. Sinar gamma (γ)

Sinar gamma merupakan radiasi elektromagnet berenergi tinggi, tidak bermuatan, dan tidak bermassa. Sinar gamma dihasilkan oleh inti yang tereksitasi dan biasanya mengikuti pemancaran sinar alfa dan beta.

Sinar gamma mempunyai daya tembus paling besar dibandingkan sinar radioaktif lainnya. Sinar gamma tidak membelok dalam medan magnet dan mempunyai daya pengionan paling lemah.

2. Peluruhan radioaktif

Pada penjelasan sebelumnya telah dijelaskan bahwa unsur yang meluruh dengan sendirinya disebut unsur radioaktif. Unsur radioaktif meluruh secara spontan menghasilkan partikel alfa dan beta.

Unsur disebut juga atom mempunyai inti. Inti atom terdiri atas proton dan neutron. Jika inti atom terdiri atas proton dan neutron dalam jumlah tertentu, maka disebut nuklida.

Simbol nuklida secara umum dapat ditulis sebagai berikut.



Nomor massa = jumlah proton + neutron.

$${}^{A}_{Z}X$$

dengan Z = nomor atom
A = nomor massa

Ada 4 tipe nuklida, yaitu

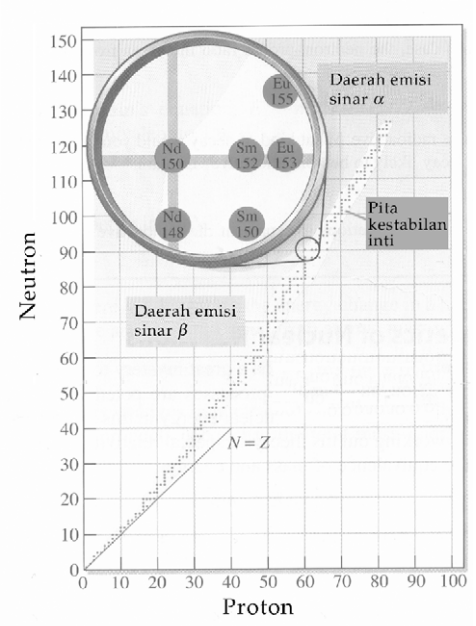
a. Isotop merupakan kelompok nuklida dengan nomor atom sama sedangkan nomor massa berbeda. Misalnya ${}^{204}_{82}\text{Pb}$, ${}^{206}_{82}\text{Pb}$, ${}^{207}_{82}\text{Pb}$, ${}^{208}_{82}\text{Pb}$.

b. Isobar merupakan kelompok nuklida dengan nomor massa sama sedangkan nomor atom berbeda. Misalnya ${}^{14}_{16}\text{C}$ dan ${}^{14}_{7}\text{N}$.

c. Isoton merupakan kelompok nuklida dengan neutron sama sedangkan nomor atom berbeda. Misalnya ${}^{3}_{1}H$ dan ${}^{4}_{2}He$.

d. Isomer inti merupakan nuklida dengan nomor atom dan nomor massa sama tetapi berbeda dalam tingkat energinya.

Gambar 4.35
Pita kestabilan inti.



Sumber: General Chemistry, Principles and Modern Applications, Petrucci R. H, Harwood W. S, dan Herring G. F

Isotop radioaktif meluruh membentuk isotop stabil. Kestabilan inti isotop dipengaruhi oleh angka banding antara neutron dan proton. Nuklida dengan angka banding jumlah neutron dan proton sama dengan satu $(\frac{n}{p} = 1)$ merupakan nuklida yang stabil. Nuklida paling stabil adalah inti yang mempunyai nomor atom (Z) sampai 20, karena memiliki nilai $\frac{n}{p} = 1$. Kestabilan isotop dapat digambarkan dengan pita kestabilan.

Jenis radiasi yang dipancarkan dari peluruhan zat radioaktif dapat dilihat dalam tabel berikut.

Tabel 4.20. Sifat radiasi dan partikel dasar penyusun inti.

Partikel Dasar	Massa Relatif	Muatan	Simbol	Jenis
Alfa	4	+2	α , ${}_{2}He^{4}$	partikel
Megatron(beta)	0	–1	β^{-}, ${}^{0}_{-1}e$	partikel
Positron	0	+1	β^{+}, ${}^{0}_{+1}e$	partikel
Gamma	0	0	γ ${}^{1}_{1}P$	gelombang elektromagnet
Proton	1	+1	${}^{1}_{1}H$	partikel
Neutron	1	0	${}^{1}_{0}n$	partikel

Sumber: General Chemistry, Hill J. W, Petrucci R. H, Mc Creary T. W, dan Perry S. S

Ada lima jenis peluruhan yang dapat dilakukan isotop untuk mencapai kestabilan, yaitu

a. Pemancaran sinar alfa (α)

Pemancaran sinar alfa terjadi pada isotop dengan z > 83.

Contoh $^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}\alpha$.

b. Pemancaran sinar beta (β)

Pemancaran sinar beta terjadi pada isotop yang terletak di atas pita kestabilan ($\frac{n}{p}$ > isotop stabil).

Contoh $^{14}_{6}C \rightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}\beta$

c. Pemancaran positron (β^+)

Pemancaran β^+ terjadi pada isotop yang terletak di bawah pita kestabilan ($\frac{n}{p}$ < isotop stabil).

Contoh $^{17}_{9}F \rightarrow {}^{17}_{8}F + {}^{0}_{+1}\beta$

d. Tangkapan elektron

Tangkapan elektron terjadi pada inti yang mempunyai harga $\frac{n}{p}$ terlalu kecil. Inti menangkap elektron dari orbital paling dalam dan sebuah proton berubah menjadi neutron disertai pancaran sinar X.

Contoh $^{40}_{19}K + {}^{0}_{-1}e \rightarrow {}^{40}_{18}Ar + {}^{0}_{0}X$

e. Pemancaran sinar gamma (γ)

Pemancaran sinar gamma terjadi pada inti yang tereksitasi.

Contoh $^{234}_{90}Ra \rightarrow {}^{234}_{91}Pa + {}^{0}_{-1}\beta + \gamma$

3. Penggunaan unsur radioaktif

Unsur radioaktif dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang di kehidupan sehari-hari. Tahukah kalian kegunaan unsur radioaktif di sekitar kalian? Coba kalian perhatikan penjelasan berikut.

Kegunaan unsur radioaktif antara lain adalah

a. Reaksi inti sebagai sumber penghasil energi untuk pembangkit tenaga listrik.

b. Penentuan umur (dating) batuan atau fosil dengan rumus

$$t_{½} = \frac{0{,}693}{\lambda}$$

dengan $t_{½}$ = waktu paruh (satuan waktu)
λ = tetapan peluruhan (satuan waktu^{-1})

Rumus ini berasal dari rumus laju peluruhan, yaitu

$$v = \lambda \quad N$$

dengan v = laju peluruhan
λ = tetapan peluruhan (satuan waktu^{-1})
N = jumlah nuklida radioaktif dalam contoh (dmp g^{-1})

Peluruhan merupakan reaksi orde satu, sehingga kelajuan hanya bergantung pada jumlah nuklida. Dengan demikian persamaan laju dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\ln \frac{N_t}{N_0} = -\lambda t$$

dengan N_0 = jumlah zat radioaktif mula-mula ... (dmp g^{-1})
N_t = jumlah zat radioaktif yang masih tersisa pada waktu t (dmp g^{-1})
t = waktu peluruhan (satuan waktu)
λ = tetapan peluruhan (satuan waktu^{-1})

Pengukuran keradioaktifan dapat digunakan untuk menentukan umur mineral atau benda lain. Salah satu contoh terpenting adalah pengukuran umur dengan menggunakan radiokarbon. Di atmosfer, selalu terjadi penembakan nitrogen oleh sinar kosmik menghasilkan ^{14}C yang radioaktif.

$$^{14}_{7}N\ (n,P)\ ^{14}_{6}C^{4}$$

Karbon ini merupakan bagian dari daur karbon di alam. Lama kelamaan terdapat kesetimbangan antara ^{14}C yang diterima dan yang meluruh dalam tumbuh-tumbuhan maupun hewan, sehingga keaktifan jenis ^{14}C mencapai 15,3 disintegrasi per menit per gram (dpm g^{-1}). Ternyata keaktifan jenis ini tetap untuk beberapa ribu tahun. Jika organisme hidup itu mati, maka pengambilan ^{14}C akan terhenti dan keaktifan ini menurun. Oleh

karena itu, umur suatu bahan yang mengandung karbon diperkirakan dengan pengukuran keaktifan jenisnya.

Contoh

Ditemukan tulang binatang purba yang mempunyai keaktifan ^{14}C 2,75 dpm g^{-1}. Perkirakan berapa tahun yang lampau binatang itu hidup ? ($t_{½}$ ^{14}C = 5668 tahun).

Jawab :

Keaktifan ^{14}C mula-mula = 15,3 dpm g^{-1}.

Dari rumus $t_{½} = \frac{0{,}693}{\lambda}$

$$5668 = \frac{0{,}693}{\lambda}$$

$$\text{maka } \lambda = \frac{0{,}693}{5668}$$

Dari rumus $\ln \frac{N_t}{N_0} = -\lambda t$

$$\ln \frac{2{,}75 \text{ dpm g}^{-1}}{15{,}3 \text{ dpm g}^{-1}} = -1{,}22 \times 10^{-4} \text{ tahun}^{-1} \times t$$

$$\ln 0{,}179 = -1{,}22 \times 10^{-4} \text{ tahun}^{-1} \times t$$

$$-1{,}72 = -1{,}22 \times 10^{-4} \text{ tahun}^{-1} \times t$$

$$t = \frac{1{,}72}{1{,}22 \times 10^{-4} \text{ tahun}^{-1} \times t}$$

$$= 14098 \text{ tahun}$$

Jadi, binatang purba hidup 14098 tahun yang lampau.

c. Dalam bidang kimia, diterapkan pada analisis pengenceran isotop. Ke dalam suatu larutan yang akan dianalisis ditambahkan suatu larutan yang mengandung spesi radioaktif yang diketahui jumlahnya dan zat yang tidak diketahui. Kemudian zat tersebut dipisahkan lalu keradioaktifannya ditentukan.

d. Dalam bidang kedokteran, digunakan radioisotop sebagai perunut dan juga untuk terapi kanker.

e. Dalam bidang pertanian, digunakan radioisotop sebagai perunut dan juga untuk memperoleh bibit unggul (pemuliaan tanaman).

Latihan 6

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Tulis persamaan reaksi peluruhan di bawah ini
 a. peluruhan beta dari $^{28}_{13}Al$
 b. peluruhan positron dari $^{1}_{6}C$
 c. penangkapan elektron dari $^{56}_{26}Fe$
 d. peluruhan gamma dari $^{117}_{50}Sn$
 e. pembelahan spontan dari $^{254}_{96}Cf$
2. Jelaskan tentang pita kestabilan inti.
3. Sebutkan sifat dari sinar α, β, dan γ?
4. Ditemukan sebuah kayu yang mempunyai keaktifan karbon–14 sebesar 7,2 dpm $g^{-1.}$ Berapa umur kayu tersebut? (diketahui waktu paruh karbon –14 adalah 5730 tahun, keaktifan mula-mula karbon –14 adalah 15 dpm g^{-1}).

Ringkasan

1. Unsur di alam sebagian besar terdapat dalam bentuk senyawa atau campurannya. Unsur-unsur di alam terdapat di berbagai kulit bumi, atmosfer, udara, air sungai maupun air laut. Unsur mempuyai sifat yang berlainan dan secara garis besar dapat dikelompokan berdasarkan letak golongan dalam sistem periodik.
2. Halogen merupakan unsur yang tertelak pada golongan VIIA. Unsur halogen merupakan unsur pembentuk garam dan memiliki elektron valensi 7, sehingga golongan unsur ini lebih suka menerima elektron membentuk ion negatif.
3. Sifat fisik golongan halogen antara lain dalam satu golongan dari atas ke bawah nomor atom, massa relatif, titik leleh, kerapatan, jari-jari atom, dan daya hantar naik, sedangkan afinitas elektron, keelektronegatifan, dan potensial reduksi menurun. Sedangkan sifat kimia dari atas ke bawah kereaktifan, daya oksidasi bertambah sedangkan kelarutannya dalam air berkurang.
4. Logam alkali merupakan logam yang terletak pada golongan IA dalam tabel periodik. Gologan logam alkali mempunyai elektron valensi 1 sehingga lebih suka melepas elektron membentuk ion positif. Logam alkali dalam satu golongan dari atas ke bawah mempunyai sifat fisik seperti massa atom, jari-jari atom, dan kerapatan, bertambah, sedangkan titik didih, titik leleh, energi ionisasi, dan daya hantar listriknya berkurang. Sifat kimia dari atas ke bawah

semakin reaktif. Semua logam alkali akan bereaksi dengan air membentuk basa kuat. Demikian pula sifat dari logam alkali tanah.

5. Unsur periode ketiga mengalami perubahan sifat, yaitu dari kiri ke kanan dalam satu periode sifat logam semakin berkurang, demikian juga dengan titik leleh dan titik didih, sedangkan sifat keelektronegatifan dan energi ionisasi semakin besar.
6. Air yang ada di alam tidak ada yang murni. Banyak mineral terlarut di dalam air. Air yang mengandung ion kalsium (Ca^{2+}) dan ion magnesium (Mg^{2+}) dalam jumlah yang berlebih dinamakan air sadah. Air sadah menyebabkan sabun sukar berbuih. Air sadah dapat dibedakan menjadi kesadahan sementara dan kesadahan tetap. Kesadahan sementara merupakan air yang mengandung garam-garam karbonat ($Ca(HCO_3)_2$ atau $Mg(HCO_3)_2$, yang dapat dihilangkan dengan pemanasan. Kesadahan tetap disebabkan garam $CaSO_4$, $CaCl_2$, $MgSO_4$, dan $MgCl_2$. Kesadahan tetap tidak dapat dihilangkan dengan pemanasan melainkan harus dengan pengendapan atau distilasi atau resin penukar ion.
7. Di antara sekian unsur-unsur di alam ada unsur yang bersifat radioaktif. Unsur radioaktif akan memancarkan sinar radiasi. Sinar yang dipancarkan bervariasi seperti sinar alfa, beta, gamma, dan sebagainya.
8. Kestabilan inti dipengaruhi oleh angka banding antara neutron dan proton. Nuklida dengan angka banding jumlah neutron dan proton sama dengan satu merupakan nuklida yang stabil, sedangkan perbandingan yang lebih dari satu menyebabkan unsur menjadi tidak stabil. Nuklida paling stabil adalah inti yang mempunyai nomor atom (Z) sampai 20, karena memiliki nilai $\frac{n}{p} = 1$.
9. Unsur logam sebagian besar diperoleh dari senyawanya dengan cara elektrolisis leburannya . Misalnya golongan alkali dan alkali tanah. Aluminium diperoleh dengan cara pengolahan bijih bauksit melalui dua tahap, yaitu pemurnian bauksit dan dilanjutkan dengan peleburan alumina diteruskan elektrolisis. Logam besi diperoleh dari oksidanya dengan cara direduksi dengan memakai kokas (karbon) sehingga diperoleh logam besi. Unsur nonlogam dapat diperoleh dari senyawanya dengan cara dioksidasi dan atau direduksi.



A. Jawab pertanyaan di bawah ini dengan benar pada buku latihan kalian.

1. Suatu larutan bening dialiri gas klor, ternyata larutan menjadi cokelat. Kemudian ditambahkan CCl_4 dan dikocok. Terbentuk dua lapisan di mana lapisan bawah berwarna ungu. Spesi halogen apa yang terdapat dalam larutan semula? Tuliskan reaksi yang terjadi.
2. Afinitas elektron fluor lebih kecil dari klor, tetapi mengapa fluor lebih reaktif dibandingkan dengan klor?
3. Apa yang dimaksud dengan senyawa hidrida? Bagaimana senyawa ini terbentuk?
4. Supaya tidak terjadi endapan $Mg(OH)_2$, berapa maksimal mol $MgCl_2$ yang dapat larut dalam larutan yang mengandung campuran 0,1 M NH_4Cl dan 0,1 M NH_4OH? K_{sp} $Mg(OH)_2$ = 4 10^{-10} dan $K_b = 10^{-5}$.
5. Bandingkan kekuatan asam dari $HClO_4$, H_2SO_4, H_3PO_4, dan H_2SiO_3.
6. Bandingkan sifat NaH dengan H_2SO_4 berdasarkan jenis ikatan dan sifat asam-basanya.
7. Molaritas ion Mg^{2+} dalam air laut sebesar 0,108 M. Hitung massa magnesium yang terdapat dalam 10 liter air laut.
 (massa jenis air laut = 1,03 kg L^{-1}).
8. Seseorang yang menghirup karbon monoksida dengan kemolaran sedang selama waktu tertentu, misalkan dalam mobil yang tertutup dengan mesin yang tidak dimatikan dan sistem pembuangan yang bocor akan menjadi letih, mengantuk bahkan bisa meninggal. Mengapa hal ini dapat terjadi?
9. Waktu paruh suatu unsur radioaktif adalah lima hari. Jika semula disimpan sebanyak 16 gram unsur itu dan kemudian ternyata sisanya tinggal 0,5 gram; maka berapa lama unsur tersebut disimpan.
10. Diketahui reaksi peluruhan sebagai berikut.

 $$^{234}_{90}\text{Th} \rightarrow {}^{202}_{82}\text{Pb} + a\,{}^{4}_{2}\alpha + b\,{}^{0}_{-1}\beta$$

 Berapa nilai *a* dan *b*?

B. Pilih salah satu jawaban yang paling tepat pada buku latihan kalian.

1. Unsur halogen yang tidak bereaksi dengan emas adalah ….
 a. fluor
 b. klor
 c. brom
 d. iod
 e. astatin
2. Senyawa antarhalogen yang tidak berbentuk gas adalah ….
 a. ClF
 b. ClF_3
 c. BrCl
 d. BrF
 e. ICl_3

3. Unsur halogen yang merupakan reduktor terkuat adalah ….
 a. fluor
 b. klor
 c. brom
 d. iod
 e. astatin

4. Unsur berikut yang diperoleh dari udara adalah ….
 a. fluor
 b. klor
 c. brom
 d. natrium
 e. magnesium

5. Tabel energi ionisasi unsur-unsur halogen sebagai berikut.

Unsur Halogen	Energi Ionisasi ($kJ\ mol^{-1}$)
K	1686
L	1266
M	1146
N	1016

 Berdasarkan data tersebut, urutan unsur halogen berdasarkan kenaikan nomor atomnya adalah ….
 a. L, M, N, K
 b. N, L, K, M
 c. K, N, M, L
 d. M, N, K, L
 e. K, L, M, N

6. Unsur golongan alkali berikut yang mempunyai titik didih tertinggi adalah ….
 a. litium
 b. natrium
 c. kalium
 d. rubidium
 e. cesium

7. Rumus struktur dolomit adalah ….
 a. $SrSO_4$
 b. $CaCO_3$
 c. $CaSO_4 \cdot 2H_2O$
 d. $MgCa(CO_3)_2$
 e. $Be_3N_2(SiO_3)_6$

8. Nama lain batu tahu adalah
 a. gips
 b. *pitchblende*
 c. batu kapur
 d. pualam
 e. kalsit

9. Unsur alkali tanah yang bersifat amfoter adalah
 a. berilium
 b. kalsium
 c. magnesium
 d. barium
 e. Stronsium

10. Jika logam magnesium dimasukkan ke dalam air, reaksi yang terjadi adalah ….
 a. $2Na(s)+2H_2O(l) \rightarrow Na_2O_2(s) + 2H_2(g)$ + energi
 b. $2Na(s) + H_2O(l) \rightarrow Na_2O(s) + H_2(g)$ + energi
 c. $2Na(s) + 3H_2O(l) \rightarrow Na_2O(s) + 3H_2(g) + O_2(g)s$ + energi
 d. $4Na(s) + 2H_2O(l) \rightarrow 4NaH(s) + O_2(g)$ + energi
 e. $2Na(s)+2H_2O(l) \rightarrow 2NaOH(aq) + H_2(g)$ + energi

11. Pasangan senyawa alkali tanah berikut yang keduanya sukar larut dalam air adalah ….
 a. $MgCO_3$ dan $BaSO_4$
 b. CaC_2O_4 dan $MgCr_4$
 c. $Mg(OH)_2$ dan $Sr(OH)_2$
 d. $MgSO_4$ dan $Ba(OH)_2$
 e. $Mg(OH)_2$ dan $CaCrO_4$

12. Diantara garam-garam berikut yang bukan penyebab kesadahan tetap adalah
 a. $CaSO_4$
 b. $MgCl_2$
 c. $Ca(HCO_3)_2$
 d. $MgSO_4$
 e. $CaCO_3$

13. Diantara reaksi-reaksi di bawah ini, yang bukan reaksi pada tanur tiup adalah….
 a. $CaO + SiO_2 \rightarrow CaSiO_3$
 b. $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$
 c. $3FeO \rightarrow Fe + Fe_2O_3$
 d. $3Fe_2O_3 + CO \rightarrow 2Fe_3O_4 + CO_2$
 e. $Fe_3O_4 + CO \rightarrow Fe + CO_2$

14. Fungsi kalsium klorida dalam elektrolisis untuk memperoleh natrium adalah ….
 a. menurunkan titik leleh
 b. sebagai katalisator
 c. menaikkan daya hantar listrik campuran
 d. memperbesar konsetrasi ion klorida
 e. mengikat air karena $CaCl_2$ bersifat higroskopis

15. Unsur halogen yang terdapat pada TEL, yaitu suatu zat aditif pada bensin adalah ….
 a. fluor
 b. klor
 c. brom
 d. iod
 e. astatin

16. Urutan daya tembus sinar radioaktif dari terbesar ke terkecil adalah
 a. α, β, γ
 b. β, γ, α
 c. γ, β, α
 d. α, γ, β
 e. γ, α, β

17. Mula-mula disimpang radioisotop X yang mempunyai waktu paruh 10 hari. Jika setelah disimpan selama 30 hari, maka masih tersisa radioisotop X itu sebanyak
 a. $\frac{1}{8}$X
 b. $\frac{1}{16}$X
 c. $\frac{1}{4}$X
 d. 4X
 e. 16X

18. Unsur yang mempunyai harga $\frac{n}{p}$ =1 adalah
 a. $^{1}_{1}H$
 b. $^{7}_{3}Li$
 c. $^{11}_{5}B$
 d. $^{16}_{8}O$
 e. salah semua

19. Waktu paruh $^{210}_{84}Po$ menjadi $^{206}_{82}P$ adalah 140 hari, setelah 560 hari unsur Po masih tersisa ... bagian.
 a. $\frac{1}{2}$
 b. $\frac{1}{4}$
 c. $\frac{1}{9}$
 d. $\frac{1}{16}$
 e. $\frac{1}{3}$

20. Jika unsur radioaktif memancarkan sinar alfa, maka terjadi unsur baru dengan nomor massa....
 a. berkurang 4, nomor atom bertambah 2
 b. berkurang 3, nomor atom bertambah 2
 c. tetap, nomor atom bertambah 1
 d. tetap, nomor atom berkurang 1
 e. berkurang 4, nomor atom tetap

UJI KOMPETENSI SEMESTER 1

A. Jawab pertanyaan di bawah ini dengan benar pada buku latihan kalian.

1. Laboratorium SMA Sumber Mulyo membuat larutan $NH_3(aq)$ 14,8 M dengan massa jenis 0,898 g mL^{-1}. Berapa fraksi mol NH_3 dalam larutan tersebut?
2. Dalam larutan asam, $O_2(g)$ mengoksidasi Cr^{2+} menjadi Cr^{3+}. O_2 direduksi dalam H_2O. E°_{sel} reaksi adalah 1,653 V. Berapa potensial elektrode standar untuk Cr^{2+}/Cr^{3+}?
3. Diketahui

 $Al(s)\ Al^{3+}(0{,}18\ M)\ Fe^{2+}(0{,}85\ m)\ Fe(s)$

 Hitung E_{sell} dengan menggunakan persamaan *Nernst*.
4. Mengapa titik didih dan titik leleh unsur-unsur periode ketiga cenderung tinggi dalam satu periode, seperti Na, Mg, dan Al? Jelaskan.
5. Lengkapi persamaan reaksi inti berikut.
 a. $^{23}_{11}Na + ... \rightarrow {}^{24}_{11}Na + {}^{1}_{1}H$
 b. $^{59}_{27}Co + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{56}_{25}Mn + ...$
 c. $... + {}^{2}_{1}H \rightarrow {}^{240}_{94}Pu + {}^{0}_{-1}\beta$

B. Pilih salah satu jawaban yang paling tepat pada buku latihan kalian.

1. Larutan dalam air yang mempunyai titik beku terendah adalah
 a. larutan $CO(NH_2)_2$ 0,005 M
 b. larutan NaCl 0,005 M
 c. larutan $BaCl_2$ 0,005 M
 d. larutan $AlCl_3$ 0,005 M
 e. larutan $Fe_2(SO_4)_3$ 0,005 M
2. Laboratorium kimia di SMA Wonoayu terdapat larutan kalium sulfat 0,32 M; fruktosa 0,32 M, glukosa 0,32 M; dan barium klorida 0,32 M. Larutan tersebut yang isotonik dengan larutan NaCl 0,16 M adalah
 a. kalsium sulfat 0,32 M
 b. fruktosa 0,32 M
 c. barium klorida 0,32 M
 d. fruktosa dan glukosa 0,32 M
 e. semua jawaban salah
3. Larutan mengandung 165 g zat terlarut non volatil, $C_6H_{12}O_6$, dan pelarut 685 g H_2O. Tekanan uap air pada 25 C adalah 23,8 mmHg. Tekanan uap jenuh larutan pada 25 C adalah ... mmHg.
 a. 23,1
 b. 23,2
 c. 23,3
 d. 23,4
 e. 23,5
4. Logam X dapat mendesak logam Y dari larutannya. Logam Z dapat mendesak logam Y dari larutannya, logam Z tidak dapat mendesak logam X dari larutannya. Urutan potensial reduksi yang semakin positif dari ketiga logam tersebut adalah …
 a. X, Y, Z
 b. Y, Z, X
 c. X, Z, Y
 d. Z, X, Y
 e. Z, Y, X

5. Bahan yang digunakan sebagai elektrode pada aki adalah ….
 a. Cu dan PbO_2
 b. Zn dan Cu
 c. Pt dan C
 d. Pb dan PbO_2
 e. Zn dan PbO_2

6. Pada sel aki, H_2SO_4 digunakan sebagai elektrolit. Pada saat digunakan menghasilkan listrik maka kemolaran H_2SO_4 akan
 a. berkurang
 b. bertambah
 c. berkurang kemudian bertambah
 d. bertambah kemudian berkurang
 e. tetap

7. Proses perkaratan besi pada suhu kamar ditentukan oleh adanya
 a. oksigen saja
 b. air dan nitrogen
 c. oksigen dan air
 d. air dan argon
 e. air saja

8. Proses kontak ialah suatu proses untuk membuat
 a. soda
 b. amoniak
 c. asam klorida
 d. asam sulfat
 e. asam nitrat

9. Sifat berikut yang merupakan sifat dari unsur halogen adalah
 a. berupa logam
 b. bersifat oksidator
 c. bersifat reduktor
 d. titik didih tinggi
 e. titik didih rendah

10. Unsur yang uji nyalanya berwarna merah tua adalah
 a. litium
 b. kalium
 c. sesium
 d. natrium
 e. rubidium

11. Penemu zat radioaktif pertama kali adalah
 a. *Ernest Rutherford*
 b. *Pierre* dan *Marie Curie*
 c. *J. Dalton*
 d. *W.C. Rontegen*
 e. *Henry Becquerel*

12. Urutan daya tembus sinar radioaktif dari yang paling besar ke paling kecil adalah
 a. α, β, γ
 b. β, γ, α
 c. γ, β, α
 d. α, γ, β
 e. γ, α, β

13. Pada pembuatan sirop, kekentalan diukur dengan mengamati titik didihnya. penelitian menunjukkan bahwa sirop yang baik harus mendidih pada suhu 105 C (K_b air = 0,5). Jika sirop itu memakai gula pentosa (Mr = 150), molaritas gula dalam sirop adalah
 a. 30 %
 b. 40 %
 c. 40 %
 d. 60 %
 e. 75 %

14. Untuk mendapatkan unsur baru yang merupakan isobar dari suatu zat radioaktif diharapkan radioisotop tersebut memancarkan partikel
 a. $2n, 2p$
 b. $2p, 2e$
 c. p
 d. sinar β
 e. sinar α

15. pembuatan natrium dapat dilakukan melalui proses
 a. *Castner*
 b. *Hall-Heroult*
 c. *Castner* dan *Down*
 d. *Down*
 e. distilasi

BAB 5

SENYAWA ORGANIK DAN MAKROMOLEKUL

Tujuan Pembelajaran

Setelah belajar bab ini, kalian diharapkan mampu:

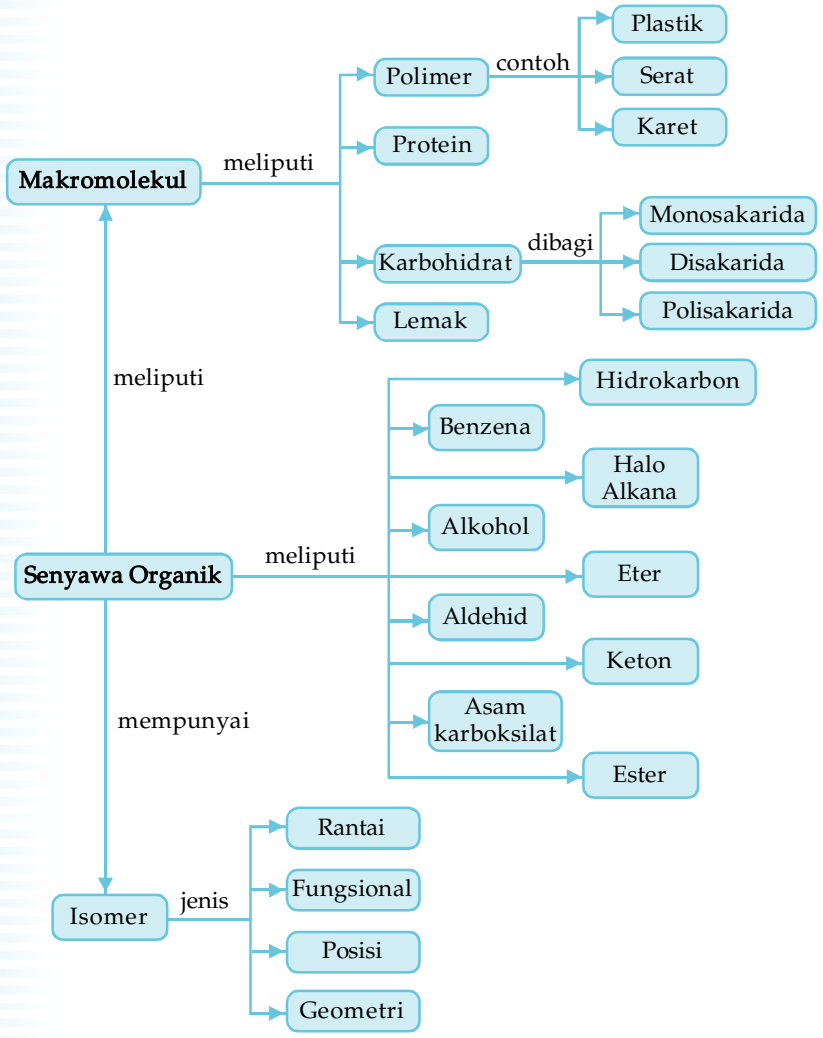
- menggambarkan struktur, cara penulisan, tata nama, sifat kegunaan, dan identifikasi senyawa karbon;
- menggambarkan struktur, cara penulisan, tata nama, sifat kegunaan benzena dan turunannya;
- menggambarkan struktur, tata nama, penggolongan, sifat dan kegunaan makromolekul;
- menggambarkan stuktur, tata nama, penggolongan, sifat, dan kegunaan lemak.



Sumber: Dokumentasi Penerbit

Kimia senyawa karbon meliputi hampir setiap aspek kehidupan kita. Bau vanili yang semerbak sebagian besar berasal dari senyawa vanillin, $HOC_6H_3(OCH_3)CHO$, suatu senyawa aromatik yang terdiri atas fenol, eter, dan aldehid. Vanillin disintesis dari Vanila planifolia, tumbuhan yang termasuk dalam keluarga anggrek. Ahli kimia sudah menentukan struktur dari vanillin dan sekarang telah disintesis di pabrik.

Peta Konsep



Kata Kunci

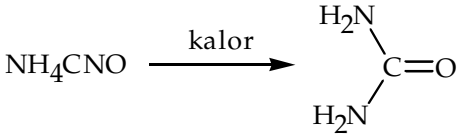
- Benzena
- Alkohol
- Eter
- Aldehid
- Keton
- Asam karbohidrat
- Ester
- Isomer
- Polimer
- Karbohidrat
- Protein
- Lemak

Prasyarat Pembelajaran

1. Karbohidrat termasuk senyawa makromolekul, sebutkan bahan makanan yang mengandung karbohidrat.
2. Buah-buahan di sekitar kita mempunyai rasa dan aroma yang berbeda-beda. Apakah buah-buahan tersebut mengandung senyawa ester? Jelaskan.

A. Senyawa Karbon

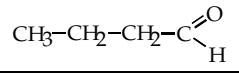
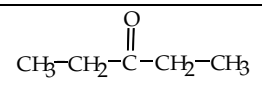
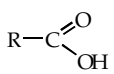
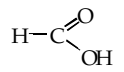
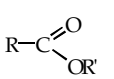
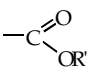
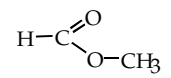
Lebih dari sejuta senyawa terdiri atas gabungan karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen atau beberapa unsur tertentu. Keseluruhan senyawa tersebut merupakan bagian dari kimia organik. Pada mulanya kimia organik hanya melibatkan senyawa yang diturunkan dari makhluk hidup. Makhluk hidup dianggap mempunyai "tenaga gaib" (*vital force*) yang diperlukan dalam sintesis senyawa organik. Pada tahun 1928, *Friedrich Wohler* (ahli kimia Jerman) berhasil mensintesis urea. Urea merupakan penyusun air seni dan dapat diperoleh dengan cara memanaskan amonium sianat, yang dianggap sebagai zat anorganik.



amonium sianat urea

Sifat dan struktur senyawa karbon ditentukan oleh adanya perbedaan gugus fungsi yang dimiliki. Senyawa karbon dengan beberapa gugus fungsi yang berbeda merupakan turunan dari alkana yang disajikan dalam Tabel 5.1.

Tabel 5.1. Rumus umum dan gugus fungsi senyawa karbon.

No	Senyawa karbon	Struktur umum	Gugus fungsi	Contoh senyawa
1	Halo alkana	R–X	–X	bromoetana $CH_3–CH_2–Br$
2	Alkanol(alkohol)	R–OH	–OH	1-propanol $CH_3–CH_2–CH_2–OH$
3	Alkoksi alkana (eter)	R–O–R'	–O–R'	etoksi etana $CH_3–CH_2–O–CH_2–CH_3$
4	Alkanal (aldehid)			1-butanal 
5	Alkanon (keton)			3-pentanon 
6	Alkanoat (asam karboksilat)			asam metanoat 
7	Alkil alkanoat (ester)			metil metanoat 

Sumber: General Chemistry, Hill J. W, Petrucci R. H, Mc Creary T. W, dan Perry S. S

1. Tata nama

Pada mulanya para ahli kimia memberikan nama-nama tersendiri untuk senyawa barunya. Nama tersebut didasarkan pada sumber atau sifat tertentu dari senyawa karbon. Contoh asam sitrat yang ditemukan pada buah sitrun, asam urat yang ditemukan pada urine, asam format terdapat pada semut (dari Bahasa Latin, semut = *formica*). Penamaan yang demikian disebut nama *trivial*. Namun dengan semakin banyaknya senyawa baru yang ditemukan, sistem tersebut tidak dapat dipertahankan kembali. Kemudian diperkenalkan sistem penamaan baru menurut *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC). Adapun kaidah-kaidah penamaan untuk senyawa hidrokarbon dengan rantai terbuka sebagai berikut.

Ingat Kembali

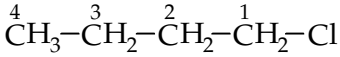
Banyaknya atom karbon berperan penting dalam memberikan penanaman senyawa.

Banyak Atom C	Nama
1	met-
2	et-
3	prop-
4	but-
5	pent-
6	heks-
7	hept-
8	okt-
9	non-
10	dec-

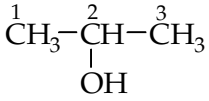
Sumber: General Chemistry, Hill J. W, Petrucci R. H, Mc Creary T. W, dan Perry S. S

- Kaidah 1:

 Rantai karbon yang tidak mempunyai cabang diberi penamaan sesuai dengan deret alkana dan menambahkan angka di depan deret tersebut berdasarkan gugus fungsi yang berikatan pada atom karbon. Nomor terkecil diberikan untuk atom karbon dengan gugus fungsi terdekat.



1-klorobutana

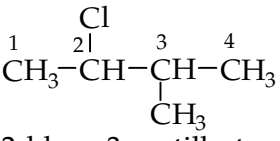


2-propanol

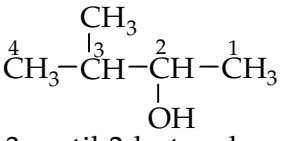
Penamaan senyawa hidrokarbon yang mempunyai cabang, menurut kaidah berikut.

- Kaidah 2:

 Menentukan rantai terpanjang yang terdapat dalam struktur tersebut berdasarkan pada letak gugus fungsi (terikat pada atom C dengan nomor terkecil).



2-kloro-3-metilbutana

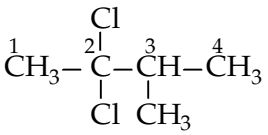


3-metil-2-butanol

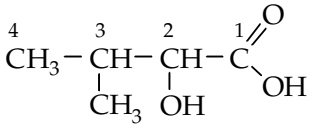
Nama senyawa tersebut bukan 3-metil-2-kloro karena gugus fungsi harus terikat pada atom C dengan nomor terkecil.

➢ Kaidah 3:

Apabila senyawa karbon memiliki lebih dari satu rantai cabang, maka masing-masing cabang diberi nomor sesuai dengan nomor atom C rantai utama dan penulisannya dibuat sesuai abjad.



2,3-dikloro-3-metil butana

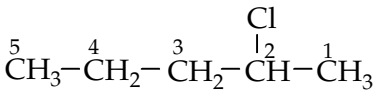


asam 2-hidroksi 3-metil-butanoat

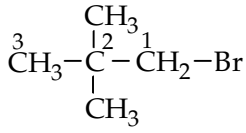
2. Halo alkana

a. Tata nama

Halo alkana adalah turunan alkana dengan menggantikan 1 atau lebih atom hidrogen dengan atom-atom halogen. Satu yang perlu diingat bahwa letak halogen di rantai utama harus diberi nomor yang paling kecil.



2-kloro-pentana



1-bromo-2,2-dimetilpropana

b. Sifat-sifat halo alkana

Sifat-sifat senyawa halo alkana dapat kalian pahami pada uraian berikut.

1) Mempunyai titik didih yang lebih tinggi dari alkana asalnya.
2) Pada suhu rendah berwujud gas, pada suhu sedang dan suhu tinggi berwujud cair.
3) Sukar larut dalam air, tetapi mudah larut dalam pelarut organik.
4) Atom halogen yang terikat mudah disubstitusikan oleh atom atau gugus lain.

c. Senyawa halo alkana

Beberapa senyawa halo alkana yang penting, yaitu

1) Kloroform ($CHCl_3$)

Pada suhu kamar berwujud cair, berbau, mudah terbakar dan tidak larut dalam air. Kloroform digunakan sebagai obat bius.

2) Iodoform (CHI_3)

Berupa zat padat berwarna kuning mempunyai efek melumpuhkan syaraf pernapasan. Iodoform digunakan untuk identifikasi etanol dalam suatu bahan dan sebagai bahan antiseptik.

3) Karbontetraklorida (CCl_4)

Merupakan cairan tidak berwarna dan digunakan sebagai pelarut.

4) Freon (Cl_2F_4)

Freon adalah gas tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak beracun. Freon digunakan sebagai pendingin.

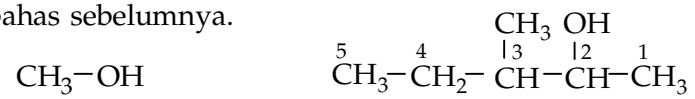
3. Alkohol

Kegiatan Mandiri

Tuliskan rumus molekul dan struktur dari
a. 2-etil-propanol,
b. 2-kloro-eatanol.
Komunikasikan hasilnya dengan teman kalian.

a. Tata Nama

Selain memiliki nama *trivial* atau nama lazim yang biasa digunakan dalam kehidupan sehari-hari dan dunia perdagangan, juga mempunyai nama senyawa sesuai dengan aturan IUPAC. Nama IUPAC alkohol diturunkan dari nama alkana dengan menggantikan akhiran *a* dengan *ol*, kaidah-kaidahnya telah dibahas sebelumnya.



Metanol

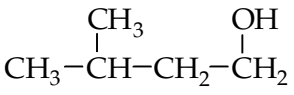
3-metil-2-pentanol

b. Jenis-jenis alkohol

Ada beberapa jenis alkohol. Tahukah kalian jenis-jenis dari alkohol? Jenis-jenis alkohol sebagai berikut.

1) Alkohol primer

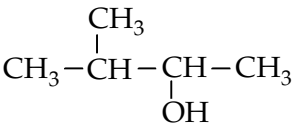
Alkohol primer adalah alkohol dengan gugus -OH terikat pada atom C primer. Tahukah kalian yang dimaksud dengan atom C primer? Perhatikan rumus struktur 3-metil-butanol, mana yang termasuk atom C primer?



3-metil-butanol

2) Alkohol sekunder

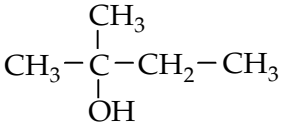
Alkohol sekunder adalah alkohol dengan gugus -OH terikat pada atom C sekunder. Mana yang termasuk atom C sekunder pada rumus struktur senyawa 3-metil-2-butanol?



3-metil-2-butanol

3) Alkohol tersier

Alkohol tersier adalah alkohol dengan gugus -OH terikat pada atom C tersier (atom C yang mengikat tiga atom C lainnya).



2-metil-2-butanol

Ingat Kembali

Atom C primer adalah atom C yang mengikat satu atom C lainnya.
Atom C sekunder adalah atom C yang mengikat dua atom C lainnya.

c. Sifat- sifat fisik alkohol

Kalian pasti tahu bahwa alkohol mempunyai gugus fungsi -OH. Bagaimana sifat dari gugus fungsi -OH dan alkilnya? Gugus -OH pada alkohol bersifat polar, sedangkan gugus -R(alkil) bersifat nonpolar. Jika panjang rantai alkilnya semakin panjang, maka makin berkurang kepolaran alkoholnya. Hal ini menyebabkan alkohol dengan struktur rantai pendek lebih mudah larut dalam pelarut polar. Misal, metanol dan etanol bercampur sempurna dengan air, sedangkan pentanol sukar larut dalam air. Pentanol mudah larut dalam pelarut nonpolar seperti CCl_4.

Titik didih alkohol jauh lebih tinggi daripada titik didih alkana dengan panjang rantai yang sama. Alkohol dengan rantai pendek berupa zat cair encer, alkohol dengan rantai sedang berupa zat cair kental, sedangkan alkohol dengan rantai panjang berupa zat padat. Berikan contoh alkohol dengan rantai pendek, sedang, dan panjang.

d. Sifat-sifat kimia alkohol

Selain sifat fisik seperti dijelaskan sebelumnya alkohol juga mempunyai sifat-sifat kimia. Alkohol dapat mengalami beberapa reaksi sebagai berikut.

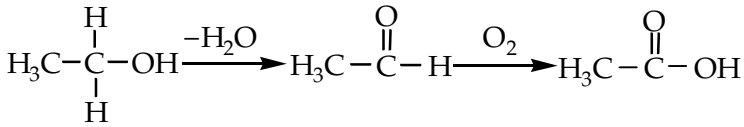
1) Oksidasi

Alkohol akan teroksidasi dengan zat-zat pengoksidasi sedang, seperti larutan $K_2Cr_2O_7$ dalam lingkungan asam. Reaksi oksidasi alkohol sebagai berikut.

- Alkohol primer dioksidasi membentuk aldehid. Jika oksidasi dilanjutkan, maka membentuk asam karboksilat.

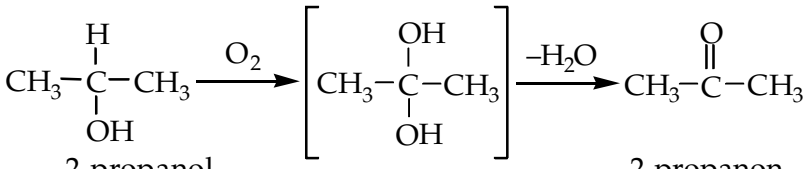
Kegiatan Mandiri

Asam sulfat di laboratorium digunakan sebagai penarik air pada perubahan alkohol menjadi alkana. Tulis reaksi yang terjadi dari 2-metil-butanol dengan asam sulfat. Apa nama senyawa yang dihasilkan dari reaksi tersebut? Komunikasikan hasilnya dengan teman kalian.



etanol etanal asam etanoat

- Alkohol sekunder dioksidasi membentuk keton.

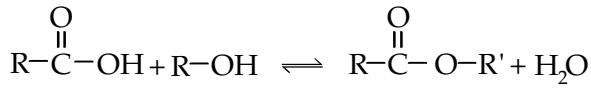


2-propanol 2-propanon

- Alkohol tersier tidak teroksidasi.

2) Pembentukan ester

Alkohol bereaksi dengan asam karboksilat membentuk ester dan air.



asam karboksilat alkohol ester air

3) Reaksi dengan HX

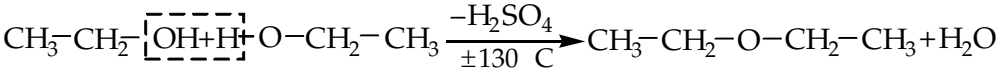
Alkohol bereaksi dengan asam halida membentuk alkil halida.

$C_2H_5OH + HCl$ pekat $\rightarrow C_2H_5Cl + H_2O$

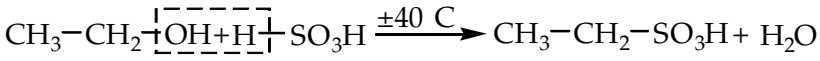
etanol asam klorida etil klorida air

4) Reaksi dengan asam sulfat pekat

Hasil reaksi alkohol dengan asam sulfat pekat tergantung pada suhu reaksi. Reaksi etanol dengan asam sulfat pekat.



etanol dietil eter



etanol etil hidrogen sulfat

e. Kegunaan alkohol

Beberapa senyawa alkohol yang luas penggunaannya antara lain adalah

1) Metanol

Pada suhu kamar, metanol berupa zat cair bening, mudah menguap, dan berbau enak. Metanol digunakan sebagai pelarut untuk membuat polimer dan senyawa organik yang lain seperti ester. Metanol dapat dicampurkan dengan bahan bakar bensin sampai kadar 15 % tanpa mengubah konstruksi mesin kendaraan.

2) Etanol

Pada suhu kamar berupa zat cair bening, mudah menguap, dan berbau khas. Etanol terdapat dalam spiritus, minuman beralkohol, dan obat pencuci luka.

Etanol tidak beracun, tetapi bersifat memabukan dan menyebabkan kantuk karena menekan aktivitas otak atas. Etanol juga bersifat candu. Orang yang sering minum alkohol dapat menjadi kecanduan dan sulit baginya untuk meninggalkan alkohol itu. Walaupun tidak beracun, alkohol dapat menimbulkan angka kematian yang tinggi. Misal banyak pengemudi kendaraan yang dalam keadaan mabuk meninggal dalam kecelakaan lalu lintas.



Sumber: Science Adventure, Fatt Kim Chan dkk.

Gambar 5.1
Dua jenis alkohol yang biasa dikenal yaitu Vodka mengandung 40-50 % etanol dan Rubbing mengandung 70 % 2-propanol.

Minuman beralkohol umumnya dibuat melalui proses fermentasi. Alkohol hasil fermentasi hanya berkadar 12-15 %, sehingga perlu dipekatkan dengan penyulingan agar diperoleh alkohol dengan kadar 95,5 %.

3) Gliserol

Gliserol atau gliserin adalah zat cair yang kental, tidak berwarna, dan mempunyai rasa manis. Gliserol mudah larut dalam air dengan segala perbandingan. Senyawa ini digunakan sebagai pelembap pada tembakau dan kembang gula, pelarut obat-obatan, dan membuat nitrogliserin (bahan pembuat peledak).

Gliserol diperoleh sebagai hasil sampingan dari industri sabun. Sabun dibuat dari lemak atau minyak dengan larutan NaOH. Lemak dan minyak adalah ester dari gliserol dengan asam-asam lemak.

Tahukah Kalian

Metanol memiliki keunggulan dalam banyak hal dari hidrogen. Metanol dapat dihasilkan dari bahan bakar lain, seperti batu bara dan minyak bumi. Metanol mudah disimpan dalam tangki bahan bakar dan tidak hanya dapat dikirim melalui kereta tangki, tetapi dapat dikirim pula melalui pipa minyak dan bahan kimia.

Satu hal yang terpenting dari metanol adalah adanya fakta bahwa metanol dapat ditambahkan pada bensin komersial dalam mobil sampai 15 %, tanpa mengubah konstruksi mesin. Campuran bensin metanol menyebabkan lebih ekonomis dan bahan bakar yang terbuang lebih sedikit dengan tenaga mesin lebih, dibandingkan menggunakan bensin saja. Diperkirakan bahwa bensin yang ada dapat diubah untuk bisa menggunakan metanol murni dengan biaya serendah mungkin per kendaraan. Penggunaan metanol dalam suatu mesin standar menghasilkan sisa bahan bakar seperduapuluhnya, karbon monoksida sepersepuluhnya, dan oksida-oksida nitrogen kira-kira sama dibandingkan dengan bensin.

Metanol dapat dibakar dengan bersih untuk kebutuhan energi kita. Jika dikelola dengan baik, cairan ini merupakan bahan baku yang bersih dan aman, serta dapat dibakar dalam pembangkit tenaga listrik dengan pencemaran udara yang sangat kecil. Metanol merupakan salah satu bahan bakar yang cocok untuk digunakan dalam sel bahan bakar.

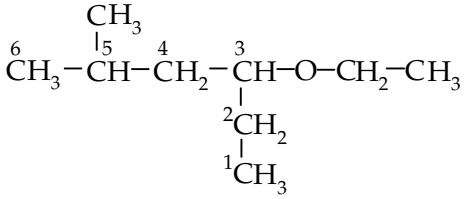
Berdasarkan fakta di atas, dapat dikatakan bahwa metanol merupakan bahan bakar alternatif yang lebih ramah lingkungan sebagai pengganti bensin. Namun metanol yang ada tidak cukup tersedia. Penelitian-penelitian terbaru diharapkan dapat memperoleh metode-metode yang efisien untuk memproduksi metanol dari bahan kasar, selain minyak bumi.

4. Eter

a. Tata nama

Senyawa dengan gugus fungsi -O- yang terikat pada dua gugus alkil disebut eter. Nama IUPAC eter adalah alkoksi alkana. Eter merupakan turunan alkana di mana satu atom H-nya diganti oleh gugus alkoksi (-OR'). Jika gugus alkilnya berbeda, maka alkil yang terkecil sebagai gugus alkoksi dan gugus alkil satunya sebagai alkana.

$CH_3 - CH_2 - O - CH_3$
metoksietana



3-etoksi-5-metil-heksana

Bagaimana jika gugus alkilnya sama? Coba kalian perhatikan senyawa berikut.

$CH_3 - CH_2 - O - CH_3$
dimetil eter

Gugus alkilnya disebelah kiri dan kanan gugus –O– adalah sama, maka tinggal diberi awal di dan diakhiri dengan eter.

b. Sifat fisik eter

Pada suhu kamar metal eter berwujud gas, sedangkan eter sederhana lainnya berupa zat cair yang mudah menguap. Titik didih dan titik cair eter jauh lebih rendah dibandingkan dengan alkohol yang sesuai. Hal itu disebabkan tidak adanya ikatan hidrogen dalam eter, sedangkan akohol mempunyai ikatan hidrogen. Kelarutan eter dalam air jauh lebih kecil daripada kelarutan alkohol, sehingga umumnya eter tidak bercampur dengan air.

Ingat Kembali

Sifat kimia eter yang membedakan dengan alkohol adalah eter tidak bereaksi dengan logam aktif dan bereaksi dengan PCl_5.

c. Sifat kimia eter

Selain sifat fisik, eter juga mempunyai sifat kimia, yaitu

1) eter kurang reaktif dibandingkan alkohol, kecuali dalam hal pembakaran;
2) eter tidak bereaksi dengan logam natrium (logam aktif), sehingga sifat ini dapat membedakan eter dengan alkohol;
3) eter bereaksi dengan PCl_5 tetapi tidak membebaskan HCl, sehingga sifat ini dapat pula digunakan untuk membedakan eter dengan alkohol.

$$R-O-R' + PCl_5 \longrightarrow R-Cl + R'-Cl + POCl_3$$

Kegiatan Mandiri

Rancang dan lakukan suatu kegiatan untuk membedakan alkohol dengan eter. Susun laporan selengkap mungkin tentang kegiatan yang telah kalian lakukan dan komunikasikan dengan teman kalian.

d. Kegunaan eter

Etil eter dalam kehidupan sehari-hari maupun dunia perdagangan disebut eter. Etil eter merupakan eter yang terpenting dan paling utama kegunaannya. Eter ini digunakan sebagai pelarut dan obat bius (anestesi) pada operasi yang diberikan melalui pernapasan, seperti kloroform dan siklopropana.



Sejauh Mana Pemahaman Kalian ?

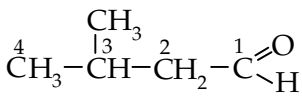
Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Jelaskan sifat-sifat halo alkana.
2. Sebutkan beberapa senyawa halo alkana dan kegunaannya.
3. Tuliskan reaksi oksidasi 1,3-dimetil-propanol.
4. Apa yang kalian ketahui tentang metanol?

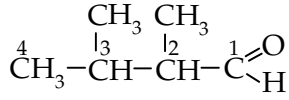
5. Aldehid

a. Tata nama

Aldehid adalah senyawa karbon dengan gugus fungsi $-C\overset{O}{\underset{H}{<}}$ yang disebut gugus formil. Nama IUPAC untuk aldehid turunan alkana adalah alkanal. Nama alkanal diturunkan dari nama alkana dengan menggantikan akhiran *a* dengan *al*.



3-metil-butanal



2,3 dimetil-butanal

Nama lazim aldehid diturunkan dari nama lazim asam karboksilat dengan menggantikan akhiran *at* menjadi *aldehid* dan membuang kata *asam*. Contoh asam format nama aldehidnya menjadi formaldehid dan asam asetat menjadi asetaldehid.

b. Sifat fisik aldehid

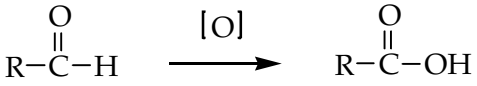
Aldehid merupakan senyawa polar dan mendidih pada suhu yang lebih tinggi daripada senyawa nonpolar dengan bobot molekul yang sama. Adanya kemampuan membentuk ikatan hidrogen, maka aldehid dengan bobot molekul rendah dapat larut dalam air.

c. Sifat kimia aldehid

Aldehid dapat mengalami reaksi sebagai berikut.

1) Oksidasi

Aldehid merupakan reduktor kuat, sehingga dapat mereduksi oksidator-oksidator lemah. Aldehid dapat diketahui dengan pereaksi *Tollens* dan pereaksi *Fehling* yang merupakan oksidator lemah. Oksidasi aldehid menghasilkan asam karboksilat.

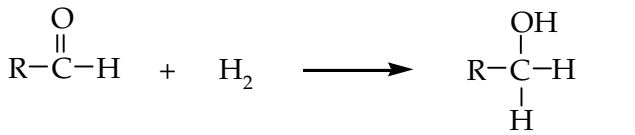


aldehid asam karboksilat

2) Adisi

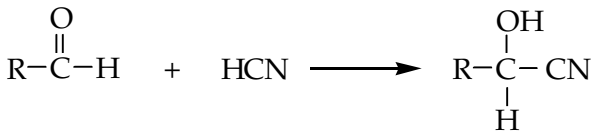
Reaksi adisi adalah reaksi pemutusan ikatan rangkap (reaksi penjenuhan). Jika pereaksi yang mengadisi bersifat polar, maka gugus yang lebih positif terikat pada atom oksigen dan gugus negatif terikat pada atom karbon.

- Adisi hidrogen



alkohol primer

- Adisi hidrogen sianida



d. Kegunaan aldehid

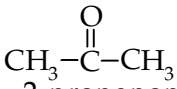
Aldehid yang paling banyak digunakan adalah formaldehid. Kegunaan formaldehid sebagai berikut.

1) Membuat formalin, yaitu larutan 40 % formaldehid dalam air. Formalin digunakan untuk mengawetkan preparat biologi dan mayat, tetapi tidak boleh untuk mengawetkan makanan.
2) Membuat berbagai jenis plastik termoset.

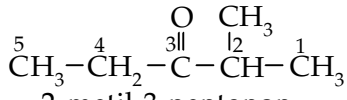
6. Keton

a. Tata nama

Senyawa karbon dengan gugus karbonil ($-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-$) disebut keton. Nama IUPAC untuk keton turunan alkana adalah alkanon. Nama alkanon diturunkan dari nama alkana dengan menggantikan akhiran *a* dengan *on*.



2-propanon



2-metil-3-pentanon

b. Sifat fisik keton

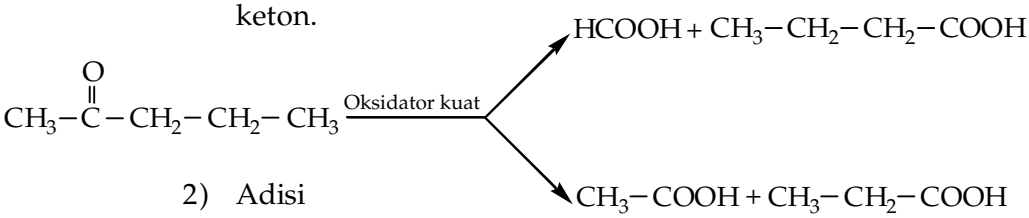
Keton merupakan senyawa yang bersifat polar. Senyawa ini dapat membentuk ikatan hidrogen, sehingga dengan bobot molekul rendah dapat larut dalam air. Tetapi karena keton tidak dapat membentuk ikatan hidrogen dengan senyawa yang lainnya, maka titik didihnya lebih rendah dari alkohol yang sesuai. Secara terbatas, keton dapat mensolvasi ion. Contoh NaI dapat larut dalam aseton.

c. Sifat kimia keton

Keton dapat mengalami reaksi-reaksi kimia sebagai berikut.

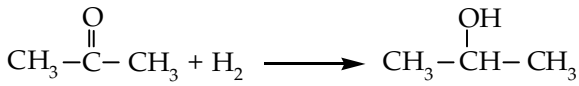
1) Oksidasi

Keton adalah reduktor yang lebih lemah dari aldehid. Oksidator kuat dapat mengoksidasi keton membentuk campuran asam-asam karboksilat. Pada reaksi oksidasi terjadi pemecahan rantai di kiri dan kanan gugus karbonil dari keton.

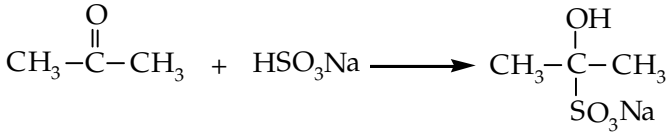


2) Adisi

- Adisi hidrogen



- Adisi natrium bisulfit ($NaHSO_3$)



d. Kegunaan keton

Keton yang paling banyak digunakan adalah propanon. Propanon dalam kehidupan sehari-hari dan perdagangan lebih dikenal dengan nama aseton. Kegunaan utama aseton sebagai pelarut untuk lilin, plastik, sirlak, dan pelarut selulosa asetat dalam memproduksi rayon. Aseton juga digunakan untuk pembersih pewarna kuku (kutek). Beberapa keton siklik yang berbau harum digunakan untuk membuat parfum.



Sejauh Mana Pemahaman Kalian ?

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Apa nama aldehid untuk asam butirat dan asam propionat?
2. Apa yang dimaksud dengan reaksi adisi?
3. Sebutkan kegunaan utama dari formaldehid.
4. Sebutkan kegunaan utama dari propanon.
5. Tuliskan struktur senyawa berikut.
 a. 2,2-dimetil-propanal
 b. 3-bromo-2-metil-pentanal
 c. 2-butanon
 d. 3-metil-2-butanon



Tahukah Kalian

Aseton ditemukan dalam tubuh manusia dengan kemolaran sekitar 1 mg per 100 mL darah. Senyawa ini terbentuk disebabkan kurang sempurnanya oksidasi asam lemak selama metabolisme lemak. Lemak merupakan penyusun penting dari jaringan tumbuhan dan hewan. Pada orang yang menderita penyakit tertentu, seperti kencing manis (diabetes mellitus), kemolaran aseton dalam tubuh bisa lebih tinggi dari 1 mg per 100 mL darah. Aseton diekskresikan di urine, di mana keberadaannya mudah dideteksi.

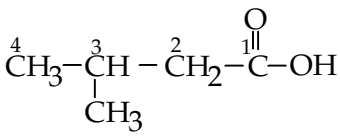
Kegiatan Mandiri

Tuliskan struktur molekul dari asam 3-kloro-propanoat dan asam 3-kloro-benzoat. Komunikasikan hasilnya dengan teman kalian.

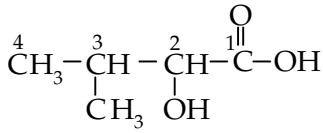
7. Asam karboksilat

a. Tata nama

Asam karboksilat adalah senyawa karbon dengan gugus fungsi $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-OH$ atau –COOH yang disebut gugus karboksil. Gugus karboksil merupakan gabungan gugus karbonil dan gugus hidroksil. Nama IUPAC asam karboksilat diturunkan dari alkana dengan menggantikan akhiran *a* menjadi *oat* dan memberi awalan asam.



asam 3-metil-butanoat



asam 2-hidroksi-3-metil-butanoat

Nama lazim asam karboksilat didasarkan pada sumber alami asam yang bersangkutan. Misal asam butanoat disebut asam butirat karena terdapat dalam mentega (*butter*). Contoh beberapa senyawa karboksilat disajikan dalam Tabel 5.2.

Tabel 5.2. Beberapa senyawa asam karboksilat.

No	Rumus Struktur	Nama IUPAC	Nama Lazim
1	HCOOH	Asam metanoat	Asam format (Latin: *formica* = semut)
2	CH_3COOH	Asam etanoat	Asam asetat (Latin: *asetum* = cuka)
3	CH_3CH_2COOH	Asam propanoat	Asam propionat (Latin: *protopion* = lemak pertama)
4	$CH_3(CH_2)_3COOH$	Asam pentanoat	Asam valerat (Latin: *valere* = sejenis tanaman, pada akar tanaman valere)
5	$CH_2(CH_2)_{14}COOH$	Asam heksadekanoat	Asam palmitat (minyak palma)

Sumber: Fokus, SPM, Kimia, Hoong Nguan Eng, dkk

b. Sifat fisik asam karboksilat

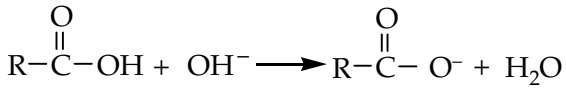
Pada suhu kamar, asam karboksilat dengan struktur rantai pendek sampai rantai yang mengandung 9 atom karbon berupa zat cair, sedangkan struktur dengan rantai yang lebih panjang berupa zat padat. Asam metanoat sampai asam butanoat berbau sangat tajam (kecut) dan dapat larut dalam air dengan segala perbandingan. Kelarutan berkurang dengan bertambahnya atom karbon dalam molekul. Asam karboksilat dengan rantai panjang tidak dapat larut dalam air.

Semua asam karboksilat adalah asam lemah, harga tetapan kesetimbangan asam (K_a) sekitar 1 10^{-5}. Asam alkanoat yang paling kuat adalah asam metanoat. Jika makin panjang rantai alkil, maka makin lemah asam alkanoat.

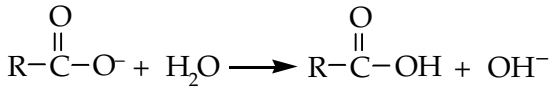
c. Sifat kimia asam karboksilat

Asam karboksilat dapat mengalami reaksi-reaksi sebagai berikut.

1) Reaksi dengan basa membentuk garam

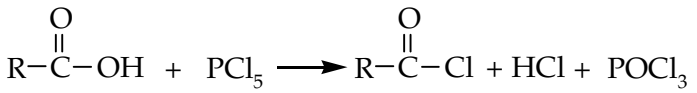


Garam natrium dan garam kalium dari asam alkanoat rantai panjang disebut sabun. Wujud garam natrium lebih keras daripada garam kalium. Garam natrium disebut sabun keras, sedangkan garam kalium disebut sabun lunak. Larutan garam-garam alkanoat bersifat basa karena mengalami hidrolisis.

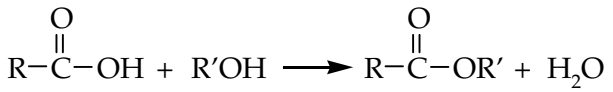


2. Penggantian gugus OH dari gugus COOH, sehingga diperoleh turunan asam karboksilat (RCOG), yaitu:

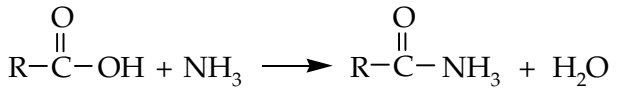
- Asilklorida, (RCOCl):gugus OH diganti Cl



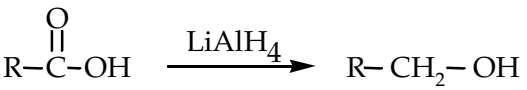
- Ester, (RCOOR′): gugus OH diganti gugus OR′



- Amida, ($RCONH_2$): gugus OH diganti gugus NH_2

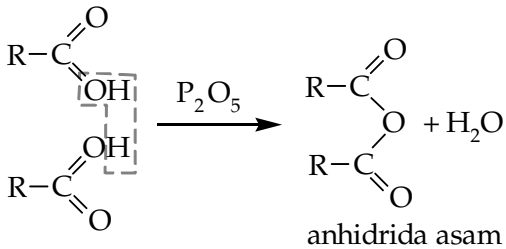


3) Reduksi gugus CO dari COOH menghasilkan alkohol primer



4) Pembentukan anhidrida asam karboksilat.

Dua gugus asam karboksilat dapat melepas satu molekul air membentuk anhidrida asam dengan pengaruh katalis, P_2O_5. Persamaan reaksi yang terjadi dapat dituliskan sebagai berikut.



anhidrida asam

d. Kegunaan asam karboksilat

Beberapa asam karboksilat yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari adalah

1) Asam format

Asam format adalah cairan tak berwarna , berbau tajam, mudah larut dalam air, alkohol, dan eter. Dalam jumlah kecil terdapat dalam air keringat. Berbeda dengan asam karboksilat yang lain, asam format mempunyai sifat mereduksi. Asam format mereduksi perak nitrat dalam suasana larutan netral, larutan $KMnO_4$ dalam suasana basa, dan mereduksi H_2SO_4 pekat. Asam format banyak digunakan dalam industri tekstil, penyamakan kulit, dan di perkebunan karet untuk menggumpalkan lateks.

2) Asam asetat (asam cuka)

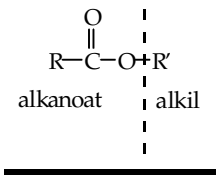
Asam asetat murni disebut asam asetat glasial merupakan cairan bening tak berwarna, berbau sangat tajam, membeku pada 16,6 °C, dan membentuk kristal yang menyerupai es atau gelas. Senyawa ini digunakan sebagai asam yang terdapat dalam cuka makanan. Kadar asam asetat yang terdapat dalam cuka makanan sekitar 20-25 %.

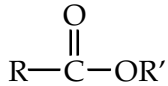
8. Ester

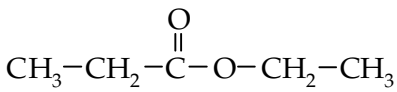
a. Tata nama



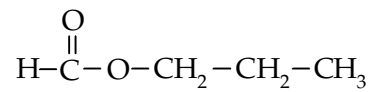
Nama dari suatu ester diperoleh dari nama alkohol dan asam karboksilatnya.



Nama IUPAC untuk ester adalah alkil alkanoat. Rumus umum ester, yaitu . Gugus -R' disebut alkil, sedangkan alkanoat adalah gugus .



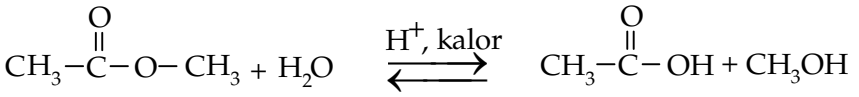
etil propanoat



propil metanoat

b. Reaksi ester

Hidrolisis ester menggunakan air yang berlebih dengan katalis asam akan menghasilkan asam.



metil etanoat berlebih asam asetat metanol

c. Kegunaan ester

Kegunaan ester dapat kalian jumpai dikehidupan sehari-hari. Untuk lebih memahaminya dapat kalian pelajari uraian berikut.

1) Ester buah-buahan

Ester yang memiliki sepuluh atom karbon atau kurang (yaitu ester dari asam karboksilat rantai pendek dengan alkohol rantai pendek) pada suhu kamar berupa zat cair yang mudah menguap dan mempunyai aroma yang sedap. Kebanyakan ester tersebut pada bunga dan buah, sehingga disebut ester buah-buahan. Ester ini berbau sedap sehingga digunakan sebagai penyedap atau esens.

Tabel 5.3. Beberapa ester dan aromanya

Ester	Aroma
Propil asetat	Buah pir
Isopentil asetat	Pisang
n-oktil asetat	Jeruk manis
Metil butirat	Apel
Etil butirat	Nanas

Sumber: Fokus, SPM, Kimia Hoong Hguan Eng, dkk



Gambar 5.2 Aroma buah-buahan banyak dibuat dari senyawa ester.

Sumber: Dokumentasi Penerbit

2) Etil asetat ($CH_3 - COOC_2H_5$)

Ester ini digunakan sebagai pelarut. Misalnya untuk cat, cat kuku, atau perekat. Ester ini mudah menguap sehingga cat atau perekat cepat mengering.

3) Lilin

Kebanyakan bahan pembuat lilin adalah campuran dari dua jenis atau lebih ester dengan zat-zat lain dan merupakan zat padat dengan titik leleh yang rendah. Jika lilin dicampur dengan pelarut tertentu dapat dengan mudah dioleskan untuk salutan pelindung, misalnya untuk membatik.

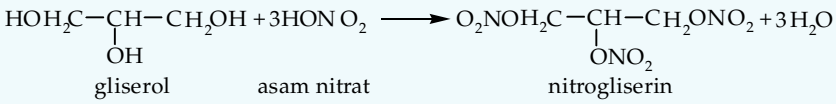


Gambar 5.3 Lilin yang kita gunakan untuk menerangi ternyata dibuat dari campuran ester.

Sumber: Dokumentasi Penerbit

Tahukah Kalian

Pada tahun 1847, seorang ilmuwan Italia *Ascanio Sobrero* menemukan suatu nitrat triester. Nitrat triester diperoleh dari pengubahan gliserol yang merupakan produk sampingan dari industri sabun.



Nitrat triester ini kemudian dikenal dengan nama nitrogliserin. Nitrogliserin adalah cairan yang mudah meledak dan sangat tidak stabil. Senyawa ini menjadi berbahaya untuk dihasilkan dan digunakan. Hingga pada tahun 1867, *Alfred Nobel* seorang ilmuwan Swedia menemukan bahwa bubuk nitrogliserin yang mudah meledak dapat dikendalikan dengan penyerapan cairan oleh bubuk inert menghasilkan dinamit.

Nitrogliserin memiliki kegunaan lain yang sangat berbeda. Nitrogliserin adalah senyawa yang dapat memperlebar pembuluh darah dan dapat digunakan untuk mengobati jenis penyakit jantung yang disebut angina. Obat nitrogliserin menyerap dengan cepat. Pil yang mengandung kurang dari satu milligram nitrogliserin ditempatkan di bawah lidah untuk meringankan gejala penyakit angina.

Aktivitas Kimia

Uji identifikasi gugus fungsi alkohol, eter, aldehid, dan keton

Alat

- tabung reaksi
- rak tabung reaksi
- pipet tetes
- gelas ukur
- penangas air

Bahan

- larutan 2,4-dinitro-fenil-hidrazin
- beberapa larutan sampel
- etanol 95 %
- asam kromat
- aseton
- pereaksi *Tollens*

Cara kerja

a. Tes oksidasi asam kromat

1. Masukkan 1 tetes sampel ke dalam 1 ml aseton.
2. Tambahkan 1 tetes asam kromat diikuti penambahan 1 ml H_2SO_4 pekat. Reaksi positif, jika warna orange asam kromat berubah menjadi biru kehijauan atau terbentuk endapan.

b. Tes reaksi 2,4-dinitrofenilhidrazin

1. Masukkan 2 tetes sampel ke dalam 2 ml etanol 95 %.
2. Tambahkan 1 ml larutan 2,4-dinitrofenilhidrazin lalu kocok kuat-kuat.
3. Jika tidak terdapat endapan, panaskan larutan tersebut dengan penangas air selama 1 menit selanjutnya ditambah 5 tetes air. Reaksi positif, jika terbentuk endapan warna merah orange.

c. Tes *Tollens*

1. Masukkan 2 tetes sampel dalam tabung reaksi.
2. Tambahkan 1 ml pereaksi *Tollens*.
3. Kocok tabung tersebut dan biarkan selama 10 menit.
4. Jika tidak terjadi reaksi dalam 10 menit, maka panaskan tabung dalam penangas air selam 5 menit. Reaksi positif, jika terbentuk cermin perak pada dinding atau endapan metalik.

Hasil pengamatan

Buat dan lengkapi tabel berikut pada buku kerja kalian.

Perlakuan	Pengamatan
....	
....	
....	
....	

Evaluasi dan Kesimpulan

1. Bandingkan hasil yang kalian peroleh dengan tabel berikut.

Pereaksi	ROH	ROR	RCHO	RCOR
Asam kromat	±	-	+	-
2,4-dinitrofenilhidrazin	-	-	+	+
Tollen	-	-	+	-
+ : tes menunjukkan positif - : tes menunjukkan negatif ± : beberapa senyawa dapat menunjukkan reaksi positif				

2. Buat kesimpulan dari aktivitas kalian dan diskusikan dengan teman kalian.

9. Isomer

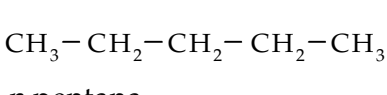
Isomer adalah senyawa karbon yang mempunyai rumus molekul sama, tetapi memiliki rumus struktur berbeda. Isomer senyawa karbon dikelompokan menjadi lima, yaitu isomer rantai, isomer fungsional, isomer posisi, isomer geometri, dan isomer optis aktif. Coba kalian pahami penjelasan berikut.

a. Isomer rantai

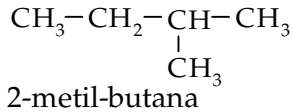
Isomer yang terjadi, jika kedua molekul memiliki rantai karbon yang berbeda.

Contoh

- *n*-pentana berisomer dengan 2-metil-butana



n-pentana



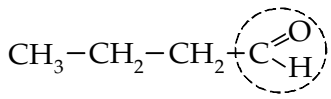
2-metil-butana

b. Isomer fungsional

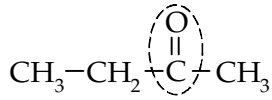
Isomer yang terjadi, apabila kedua molekul memiliki gugus fungsional yang berbeda.

Contoh

- Butanal berisomer dengan butanon



butanal

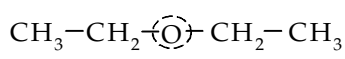


butanon

- Butanol berisomer dengan dietil eter

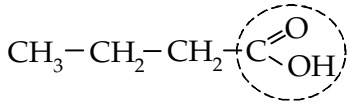


butanol

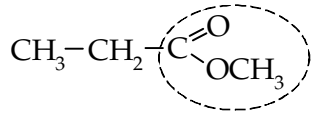


dietil-eter

- Asam butanoat berisomer dengan metil propanoat



Asam butanoat



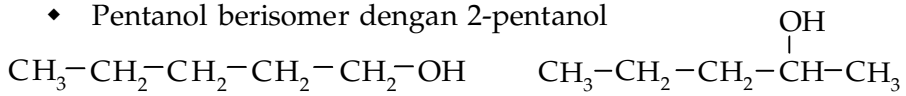
metil-propanoat

c. Isomer posisi

Isomer yang terbentuk, jika terdapat perbedaan letak gugus fungsi yang sejenis.

Contoh

- Pentanol berisomer dengan 2-pentanol



pentanol 2 pentanol

d. Isomer geometri

Isomer ini terjadi pada senyawa tidak jenuh (mengandung ikatan rangkap) dan senyawa yang mengandung substituen yang berbeda.

Contoh

- Cis 2-butana berisomer dengan trans 2-butena



cis 2 butena trans 2 butena

e. Isomer optis aktif

Isomer ini terjadi, apabila terdapat atom C yang mengikat keempat gugus yang berbeda. Atom C yang demikian disebut atom C asimetris (kiral).

Contoh

- *L*-asam laktat berisomer dengan *D*-asam laktat



L-asam laktat *D*-asam laktat

- *L* gliseraldehid berisomer dengan *D* gliseraldehid



L-Gliseraldehid *D*-Gliseraldehid

Ingat Kembali

L = levorotatori, yaitu memutar bidang polarisasi kekiri.
D = dekstrorotatori, yaitu memutar bidang polarisasi ke kanan.

Sejauh Mana Pemahaman Kalian ?

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Apa yang dapat kalian simpulkan berdasarkan contoh-contoh isomer fungsional?
2. Tuliskan sebanyak mungkin isomer rantai dari $C_4H_{10}O$ dan $C_4H_8O_2$ serta beri nama masing-masing senyawanya.
3. Beri contoh dua senyawa yang berisomer posisi dari masing-masing senyawa alkohol, aldehid, keton, dan eter serta dua senyawa yang berisomer geometri.

Latihan 1

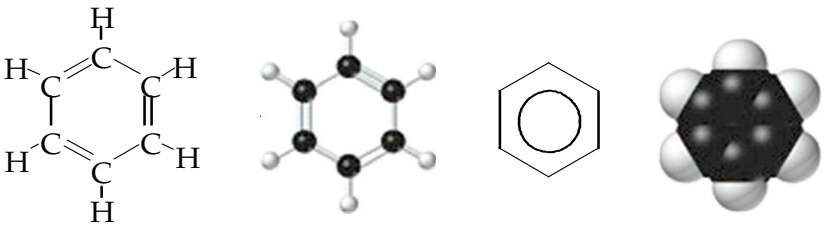
Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Mengapa kelarutan eter dalam air lebih kecil dibandingkan kelarutan alkohol?
2. Tuliskan persamaan reaksi berikut.
 a. 1-propanol dengan logam natrium.
 b. Etil alkohol dengan fosfor pentaklorida.
 c. Etanol dan asam sulfat pekat dipanaskan pada suhu 180 C.
3. Mengapa alkohol mempunyai titik didih yang jauh lebih tinggi dari alkana dengan panjang rantai yang sama?
4. Pereaksi *Tollens* adalah larutan perak oksida. Tuliskan reaksi aldehid dengan pereaksi *Tollens*.
5. Tuliskan persamaan reaksi berikut.
 a. Pembuatan asam asetat dari etanol.
 b. Asam propanoat dengan amoniak.
 c. Reduksi asam pentanoat.
 d. Hidrolisis propil butanoat.

B. Benzena dan Turunannya

Benzena adalah senyawa siklik dengan enam atom karbon yang berikatan dalam cincin. Seperti senyawa karbon alifatik dan alisiklik, benzena bersifat nonpolar, tak larut dalam air, tetapi larut dalam pelarut organik. Benzena dapat membentuk azeotrop dengan air.

Struktur benzena

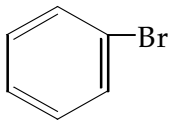


Sumber: Chemistry, The Molecular Nature of Matter and Change Silberberg M. S

1. Tata nama

a. Cincin benzena dianggap sebagai induk sama seperti alkana rantai lurus.

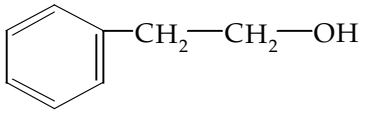
Contoh



Bromobenzena

b. Jika cincin benzena terikat pada rantai alkana lurus yang memiliki suatu gugus fungsional atau rantai alkana yang terdiri atas 7 atom karbon atau lebih, maka benzena tersebut sebagai substituen dengan nama fenil.

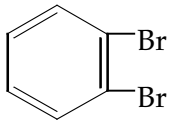
Contoh



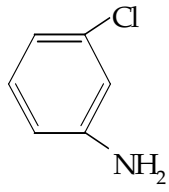
2-fenil-1-etanol

c. Benzena terdisubstitusi diberi nama dengan awalan, orto, meta, dan para.

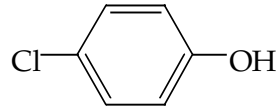
Contoh



o-dibromo-benzena



m-kloro-anilina



p-kloro-fenol

d. Jika terdapat tiga substituen atau lebih pada cincin benzena, maka digunakan bilangan untuk penomorannya.

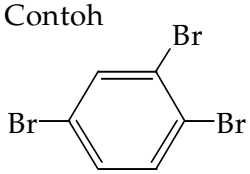
Ingat Kembali

Penggunaan orto, meta dan para sebagai ganti nomor-nomor posisi hanya dipertahankan khusus untuk benzena terdisubstitusi, sistem ini tidak berlaku untuk sikloheksana atau cincin lainnya.

Kegiatan Mandiri

Tulis persamaan reaksi fenilamin dengan
a. larutan klorin
b. larutan bromin
Komunikasikan hasilnya dengan teman kalian.

Contoh

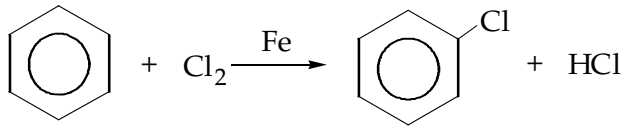


1,2,4-tribromo-benzena

2. Beberapa sifat kimia benzena

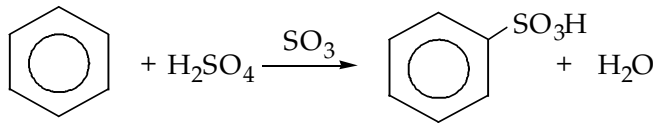
Benzena mempunyai sifat-sifat kimia, yaitu

a. dapat mengalami reaksi halogenasi



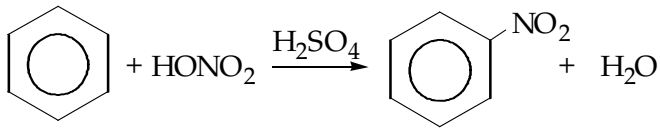
klorobenzena

b. mudah mengalami reaksi sulfonasi



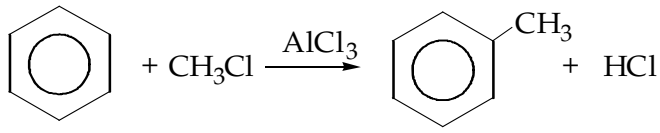
benzena sulfonat

c. mudah mengalami reaksi nitrasi



nitro benzena

d. mudah mengalami reaksi alkilasi *Friedel-Crafts*



metilbenzena (toluen)

e. dapat mengalami reaksi oksidasi

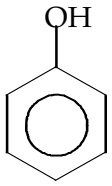
Reaksi oksidasi sempurna terhadap benzena akan membentuk CO_2 dan H_2O, tetapi dengan larutan $KMnO_4$ benzena tidak dapat mengalami reaksi oksidasi.

f. dapat mengalami reaksi hidrogenasi

Reaksi hidrogenasi terhadap benzena dapat terjadi pada suhu dan tekanan yang cukup tinggi serta memerlukan katalis platina.

3. Senyawa turunan benzena dan kegunaannya

a. Fenol C_6H_5OH



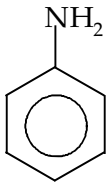
fenol

Fenol dapat melepuhkan kulit dan digunakan sebagai desinfektan.



Fenol bereaksi dengan larutan besi(III) klorida menghasilkan larutan berwarna violet.

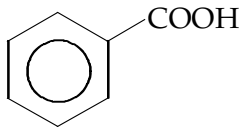
b. Anilin



anilin

Anilin bersifat basa lemah, tidak berwarna dan jika terkena udara menjadi cokelat. Anilin digunakan sebagai bahan dasar pembuatan warna dan obat-obatan serta bahan peledak.

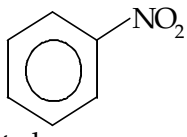
c. Asam benzoat



asam benzoat

Asam benzoat digunakan sebagai bahan pengawet dan pembuatan zat warna

4. Nitrobenzena



nitrobenzena

Nitrobenzena merupakan zat cair berwarna kuning dan beracun. Nitrobenzena digunakan untuk bahan pewangi sabun.

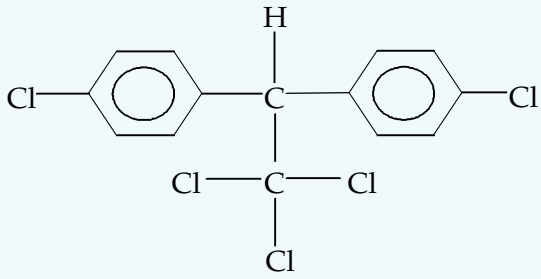
Sejauh Mana Pemahaman Kalian ?

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Tuliskan reaksi oksidasi benzena.
2. Tuliskan rumus struktur berikut.
 a. naftalena (gabungan dari dua benzena)
 b. etilbenzena
 c. 2,4,6-tribromoanilina
 d. *p*-etilfenol
 e. *n*-propilbenzena
 f. asetofenon
3. Sebutkan beberapa senyawa benzena dan kegunaannya.

Tahukah Kalian

Struktur DDT



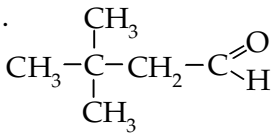
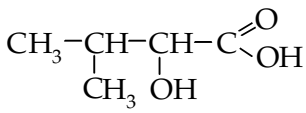
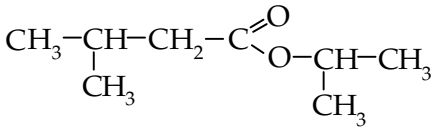
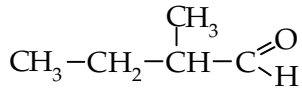
DDT adalah salah satu senyawa benzena yang berbahaya. Namun sejak tahun 1940 sampai saat ini masih digunakan untuk membasmi nyamuk dan kutu. Sebenarnya penggunaan DDT telah dilarang, kecuali dalam keadaan darurat, karena efeknya pada burung, binatang liar bahkan manusia bersifat memusnahkan.

Molekul DDT sangat stabil, sukar diuraikan organisme sehingga tetap stabil sampai beberapa tahun. Selama itu DDT dapat masuk ke dalam makanan melalui rumput atau ikan dan akhirnya meracuni binatang dan manusia. Zat ini dapat tersebar di lingkungan oleh air dan udara.

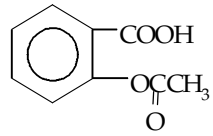
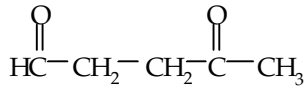
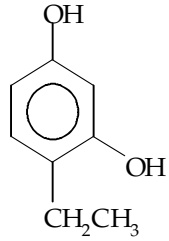
Latihan 2

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Tuliskan rumus struktur berikut
 a. 3-etil-2,3-dimetil-2-pentanol.
 b. Metil-tersier-butil-eter.
 c. 3-etil-4-metil-pentanal.
 d. 3-etil-2,4-dimetil-4-heksanon.
 e. 2-etil-4-metil-heptanoat.
 f. Isopropil-pentanoat.
 g. 2,3-diklor-4-metil-heksana.
 h. 2-kloro-1-fluoro-etana.
 i. 2-kloro-4-nitro-anilina.
 j. 2-fenil-etanol.
 k. *m*-bromoanilina.
 l. *p*-kloronitrobenzena.

2. Beri nama struktur di bawah ini.
 a. 
 b. 
 c. 
 d. 

3. Apa yang dimaksud dengan gugus fungsi?

4. Lingkari yang termasuk gugus fungsi dan beri nama struktur rantai berikut.
 a. 
 b. 
 c. 

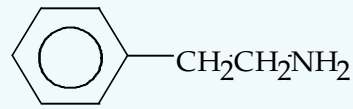
5. Tuliskan isomer-isomer dari senyawa berikut.
 a. $C_6H_{10}O$
 b. C_3H_6BrCl
 c. $C_4H_{10}O$
 d. $C_4H_8O_2$

Tahukah Kalian

Apa cinta berasal dari proses kimia? Barangkali suatu pemikiran yang tidak mungkin. Akan tetapi hal ini dapat diterangkan dengan penjelasan bahwa hubungan romantis dipengaruhi emosi yang dikendalikan oleh suatu senyawa kimia yang disebut *β*-fenil-etil-amin (PEA).

PEA berfungsi sebagai *neurotransmitter* dalam otak manusia. Senyawa ini muncul untuk membangkitkan gairah dan sinyal perasaan, identik dengan perasaan ketika orang sedang jatuh cinta. Hal ini tidak mengherankan karena struktur kimia PEA mirip dengan norepinefrin.

Berapa banyak PEA yang diperlukan untuk membangkitkan perasaan tersebut? Kadar PEA dalam otak dapat diperkirakan dengan mengukur kadar hasil metabolismenya dalam urine, yaitu asam fenilasetat ($C_6H_6CH_3COOH$). Kadar asam fenilasetat yang rendah berhubungan dengan keadaan sedang depresi. Para ahli mencari faktor-faktor apa saja yang mempengaruhi kadar PEA dalam otak. Tidak ada makanan yang mengandung PEA, tetapi protein kaya akan fenilalanin yang merupakan prekursor PEA. Barangkali makan malam dengan sepotong daging merupakan salah satu cara untuk membangkitkan cinta sejatimu.



feniletilamin

C. Makromolekul

1. Polimer

Plastik, karet, serat, kapas, protein, dan selulosa adalah istilah umum dalam perbendaharaan kata modern. Semuanya merupakan bagian dari dunia kimia polimer. Polimer merupakan senyawa yang tersusun atas molekul sangat besar yang terbentuk oleh penggabungan berulang dari banyak molekul kecil yang disebut monomer.



Gambar 5.4
Contoh polimer sintesis.

Sumber: Dokumentasi Penerbit

Berdasarkan asalnya, polimer dibedakan menjadi 2, yaitu polimer alam dan polimer sintetis atau buatan. Polimer alam mencakup protein (seperti sutera, serat otot, dan enzim), polisakarida (pati dan selulosa), karet, dan asam-asam nukleat. Penggunaan polimer alam

seringkali kurang memuaskan untuk penggunaan-penggunaan yang khas, seperti karet alam akan kehilangan kekenyalan setelah terlalu lama terkena bensin. Karena hal tersebut kemudian para ahli kimia mengembangkan polimer sintesis yang mempunyai sifat khas dan dapat dicetak sesuai dengan bentuk yang diinginkan. Contoh dari polimer sintesis adalah polietilena, nilon, teflon, dan PVC.

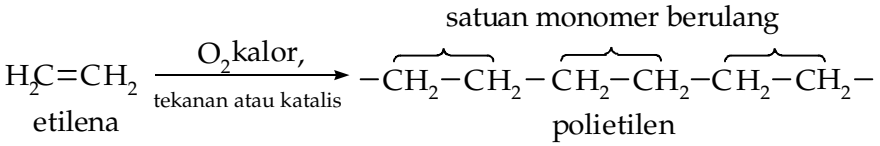
a. Polimerisasi

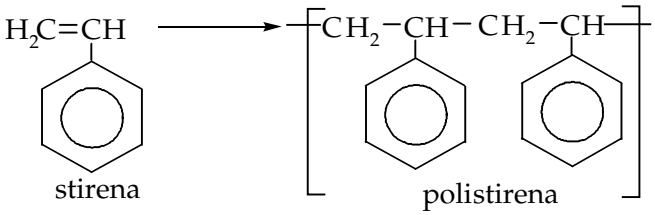
Polimerisasi merupakan proses pembentukan monomer-monomer menjadi polimer. Dengan polimerisasi ini akan terbentuk dua jenis polimer, yaitu

1) Polimer adisi

Suatu polimer yang ikatan berulangnya berasal dari ikatan tak jenuh (ikatan rangkap).

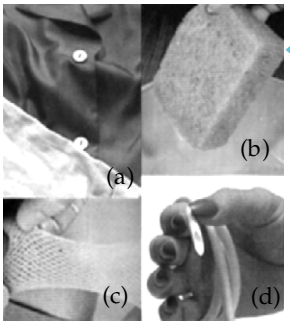
Contoh reaksi pembentukan polietilena (plastik buatan) dari etilena sebagai monomernya.





2) Polimer kondensasi

Polimer ini terdiri atas satuan berulang, yang dihubungkan oleh ikatan yang terbentuk dengan kehilangan suatu molekul kecilnya. Dalam proses ini dihasilkan air sebagai hasil sampingan sehingga polimer yang dihasilkan lebih sedikit. Contoh pembuatan poli-etilenaoksida.



Gambar 5.5
Beberapa aplikasi penggunaan polimer dalam kehidupan sehari; (a) pakaian, (b) spons, (c) kulit sintetis, (d) arteri sintetis.

Sumber: General Chemistry, Hill J. W, Petrucci R. H, Mc Creary T. W, dan Perry S. S

$$HOCH_2-CH_2OH \xrightarrow{-H_2O} -\left[-OCH_2-CH_2-\right]-$$

etilen glikol — polietilen glikol

b. Industri polimer

Konsumsi polimer sintesis dunia sekarang ini diperkirakan sebesar 70 juta metrik ton per tahun. Hampir 56 % diantaranya terdiri atas plastik, 18 % serat, dan 11 % karet sintesis. Ada tiga klasifikasi utama dari industri polimer, yaitu sebagai berikut.

1) Plastik

a. Plastik komoditi

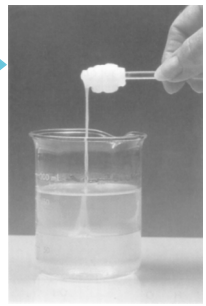
Plastik ini volumenya tinggi, harganya murah, dan dipakai dalam bentuk barang yang bersifat pakai buang (*disposable*), seperti lapisan pengemas, barang mainan, perabotan, pipa, botol, dan karpet.

Contoh

- Polietilena untuk lapisan pengemas, botol, dan mainan.
- Polipropilena untuk tali, karpet, dan film.
- Polistirena untuk bahan pengemas, isolasi busa, dan perabotan rumah.

b. Plastik teknik

Plastik ini lebih mahal harganya, volumenya rendah, memiliki sifat mekanik yang unggul, dan memiliki daya tahan yang lebih baik. Plastik ini banyak digunakan dalam bidang transportasi, perumahan, mesin bisnis, mesin-mesin industri, dan instalasi pipa ledeng.



Gambar 5.6
Pembentukan Nilon 66.

Sumber: Chemistry, The Molecular Nature of Matter and Change, Silberberg M. S

Contoh

- Asetal untuk bahan-bahan perumahan.
- Poliester untuk konstruksi, lambung kapal, pipa, dan tangki.
- Nilon 66 untuk serat dan obyek cetakan.

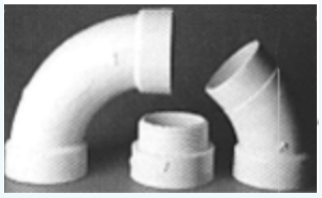
2) Serat

Polimer ini dicirikan oleh modulus dan kekuatannya yang tinggi, daya rentang yang baik, stabilitas panas yang baik, dan spinabilitas (kemampuan untuk diubah menjadi filamen-filamen). Contoh selulosa sintesis, kapas, dan wol untuk bahan pakaian.

3) Karet

Karet adalah polimer yang memperlihatkan daya pegas atau kemampuan meregang dan kembali ke keadaan semula dengan cepat. Karet digunakan sebagai perekat, ban mobil, barang mainan, dan sebagainya. Contoh selain karet alam juga terdapat karet sintesis seperti nitril, silikon, dan polibutadiena.

Tahukah Kalian



Sumber: Dokumentasi Penerbit

Polimer vinil klorida atau disebut polivinil klorida (PVC) adalah bahan serbaguna. Tak ada bukti bahwa polimer ini bersifat racun, tetapi monomernya (vinil klorida, $CH_2 = CHCl$) bersifat karsinogen dalam tubuh manusia. Vinil klorida dapat menimbulkan kanker, cacat lahir dan juga mematikan hewan percobaan. Saat ini, kantor perlindungan lingkungan di Amerika dan pabrik plastik membuat kebijakan untuk memberikan perlindungan yang lebih baik bagi para buruh dari efek vinil klorida dan memastikan tidak ada runutan monomer tersebut yang terkurung dalam produk jadi polivinil klorida.

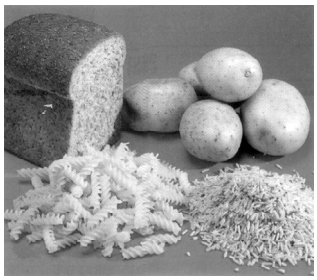
Vinil klorida di Amerika diproduksi sekitar $3\frac{1}{2}$ milyar kilogram pertahun. Produksi vinil klorida kalah dari propilena, suatu monomer untuk membuat plastik.

Sejauh Mana Pemahaman Kalian ?

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan polimer.
2. Sebutkan klasifikasi dari industri polimer dan berikan contohnya.
3. Bagaimana struktur teflon yang terbentuk dari tetrafluoroetilena sebagai monomernya?

2. Karbohidrat



Gambar 5.7
Beberapa contoh bahan yang mengandung karbohidrat

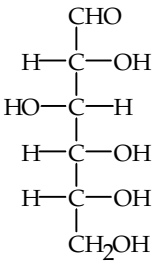
Sumber: Dokumentasi Penerbit

Karbohidrat merupakan senyawa karbon, hidrogen, dan oksigen yang terdapat di alam dan mempunyai rumus empiris CH_2O. Karbohidrat banyak terdapat dalam bahan nabati, baik berupa gula sederhana, heksosa, pentosa, maupun karbohidrat dengan massa molekul tinggi seperti pati, pektin, selulosa, dan lignin.

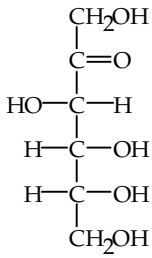
Penggolongan karbohidrat atau sakarida umumnya didasarkan pada jumlah atom C yang dikandungnya. Berikut ini jenis-jenis sakarida.

a. Monosakarida ($C_6H_{12}O_6$)

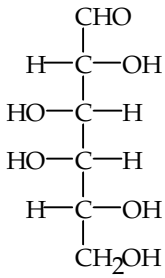
Monosakarida adalah satuan karbohidrat yang paling sederhana. Monosakarida diklasifikasikan ke dalam aldosa dan ketosa. Senyawa yang tergolong monosakarida diantaranya sebagai berikut.



glukosa



fruktosa



galaktosa

1) Glukosa

Monosakarida yang terpenting, kadang-kadang disebut gula darah (karena dijumpai dalam darah), gula anggur (karena dijumpai dalam buah anggur), atau dekstrosa (karena memutar bidang polarisasi ke kanan). Glukosa digunakan makhluk hidup sebagai sumber energi. Glukosa relatif kurang manis dibandingkan sukrosa, tetapi lebih manis daripada xilosa.

2) Fruktosa

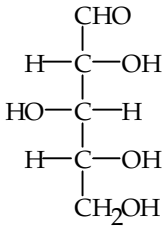
Fruktosa disebut juga levulosa karena memutar bidang polarisasi ke kiri. Fruktosa terdapat dalam buah-buahan, madu, maupun dalam sukrosa. Fruktosa merupakan gula termanis dengan kadar kemanisan 173,3. Fruktosa merupakan contoh monosakarida yang mengandung keton.

3) Galaktosa

Galaktosa terdapat dalam disakarida laktosa dalam keadaan terikat dengan glukosa. Galaktosa mempunyai rasa kurang manis daripada xilosa, tetapi lebih manis daripada laktosa. Gula ini kurang larut dalam air.

4) Xilosa

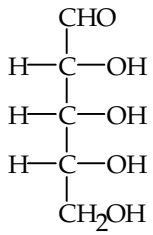
Xilosa tidak terdapat bebas di alam, tetapi dapat diperoleh dari proses hidrolisis terhadap jerami atau kayu. Xilosa terdapat pada urine seseorang yang disebabkan oleh suatu kelainan pada metabolisme karbohidrat. Kondisi seseorang yang demikian disebut pentosuria. Xilosa mempunyai tingkat kemanisan lebih tinggi dibandingkan dengan maltosa.



xilosa

5) Ribosa

Ribosa adalah monosakarida yang membentuk sebagian kerangka polimer dari asam-asam nukleat.



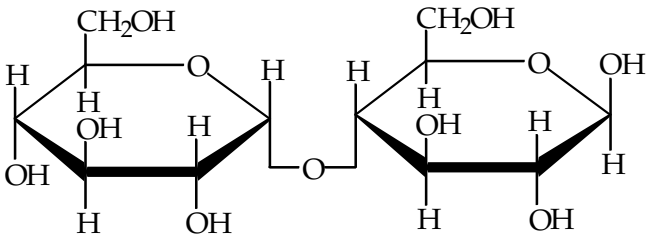
ribosa

b. Disakarida

Disakarida merupakan karbohidrat yang tersusun atas dua satuan monosakarida yang dipersatukan oleh suatu hubungan glikosida. Senyawa yang tergolong disakarida adalah sebagai berikut.

1) Maltosa

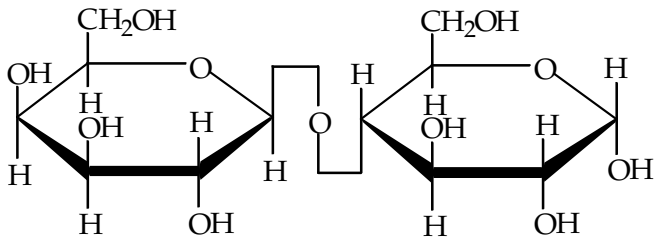
Gula ini merupakan disakarida utama yang diperoleh dari hidrolisis pati. Hidrolisis maltosa dengan enzim maltase akan menghasilkan dua molekul glukosa. Maltosa mudah larut dalam air dan mempunyai rasa lebih manis daripada laktosa, tetapi kurang manis daripada sukrosa. Maltosa digunakan dalam makanan bayi dan susu bubuk beragi (*malted milk*).



maltosa

2) Laktosa

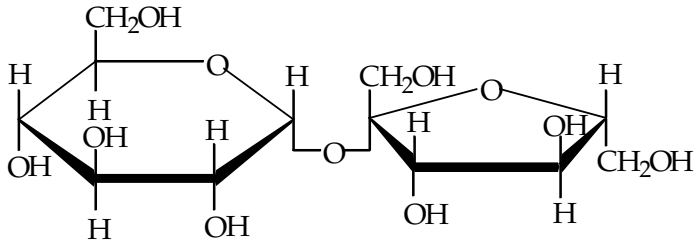
Laktosa merupakan disakarida alamiah yang dijumpai hanya pada binatang menyusui. Air susu sapi dan manusia mengandung sekitar 5 % laktosa. Laktosa diperoleh secara komersial sebagai hasil samping pabrik keju. Hidrolisis laktosa dengan enzim laktase akan menghasilkan satu molekul glukosa dan satu molekul galaktosa.



laktosa

3) Sukrosa

Disakarida sukrosa adalah gula pasir yang kita kenal sehari-hari. Selain terdapat pada tebu dan bit, sukrosa juga ditemukan pada tumbuhan lain seperti buah nanas dan wortel. Hidrolisis dengan enzim sukrase, sukrosa akan terpecah dan menghasilkan satu molekul glukosa dan satu molekul fruktosa. Sukrosa digunakan sebagai zat pemanis secara langsung dan untuk mengawetkan buah dalam kaleng.



sukrosa

c. Polisakarida

Pada umumnya polisakarida mempunyai molekul besar dan lebih kompleks daripada monosakarida dan disakarida. Molekul polisakarida terdiri atas banyak molekul monosakarida. Umumnya polisakarida berupa senyawa berwarna putih dan tidak berbentuk kristal, tidak mempunyai rasa manis, dan tidak mempunyai sifat mereduksi. Beberapa polisakarida yang penting adalah sebagai berikut.

1) Amilum

Amilum atau dalam kehidupan sehari-hari disebut pati, merupakan polisakarida yang terdapat banyak di alam terutama pada sebagian besar tumbuhan. Amilum terdapat pada umbi, batang, daun, dan biji-bijian. Amilum terdiri atas dua macam polisakarida yang kedua-duanya adalah polimer dari glukosa, yaitu amilosa (antara 20 – 28 %) dan sisanya amilopektin.

Amilum dapat dihidrolisis sempurna dengan bantuan enzim amilase. Reaksi hidrolisis amilum adalah sebagai berikut.

$$(C_6H_{10}O_5)_n + \tfrac{1}{2}\,nH_2O \xrightarrow{\text{Amilase}} \tfrac{1}{2}\,n\ C_{12}H_{22}O_{11} \xrightarrow{\text{Maltase}} \tfrac{1}{2}\,n\ C_6H_{12}O_6$$

amilum maltosa glukosa

2) Glikogen

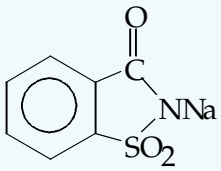
Glikogen pada tubuh manusia terdapat di hati dan otot. Hati berfungsi sebagai tempat pembentukan glikogen dari glukosa. Jika kadar glukosa dalam darah bertambah, maka sebagian diubah menjadi glikogen sehingga kadar glukosa dalam darah normal kembali dan begitu sebaliknya. Sedangkan glikogen yang ada dalam otot digunakan sebagai sumber energi untuk melakukan aktivitas sehari-hari. Di alam, glikogen terdapat pada kerang, alga, atau rumput laut.

3) Selulosa

Selulosa terdapat dalam tumbuhan sebagai bahan pembentuk dinding sel. Serat kapas boleh dikatakan seluruhnya adalah selulosa. Selulosa tidak dapat dicerna dalam tubuh manusia, sehingga tidak dapat digunakan sebagai bahan makanan. Akan tetapi selulosa yang terdapat sebagai serat tumbuhan, sayur-sayuran, atau buah-buahan berguna untuk memperlancar pencernaan makanan. Namun tentu saja jumlah serat yang terdapat dalam bahan makanan tidak boleh terlalu banyak.

Tahukah Kalian

Struktur Sakarin



Sakarin merupakan salah satu pemanis sintetik yang terkenal. Sakarin mempunyai tingkat kemanisan 300 kali lebih manis dari sukrosa. Namun penggunaan sakarin untuk makanan dan minuman dilarang, karena telah ditemukan fakta tumbuhnya tumor/kanker dalam binatang-binatang yang diberi makan senyawaan ini dalam jumlah besar.

Sejauh Mana Pemahaman Kalian ?

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Kelompokan monosakarida yang termasuk aldosa maupun ketosa.
2. Tuliskan reaksi hidrolisis sukrosa, laktosa, dan maltosa.
3. Urutkan tingkat kemanisan sakarida baik yang termasuk dalam monosakarida maupun disakarida.
4. Bagaimana struktur sukrosa, laktosa, dan maltosa?

3. Protein



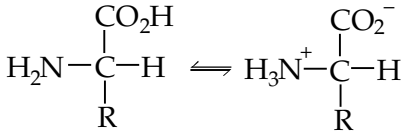
Gambar 5.8
Tanaman kacang-kacangan merupakan sumber protein nabati yang sangat dibutuhkan oleh tubuh kita.

Sumber: Dokumentasi Penerbit

Protein merupakan komponen penting atau komponen utama sel hewan dan manusia.Oleh karena sel merupakan pembentuk tubuh kita, maka protein yang terdapat dalam makanan berfungsi sebagai zat utama dalam pembentukan dan pertumbuhan tubuh. Protein yang diperoleh dari hewan disebut protein hewani, sedangkan yang diperoleh dari tumbuhan disebut protein nabati.

Protein adalah polipeptida yang mempunyai bobot molekul yang sangat bervariasi, dari 5000 hingga lebih dari satu juta. Di samping massa molekul yang berbeda-beda, protein mempunyai sifat yang berbeda-beda pula. Ada protein yang mudah larut dalam air, misalnya protein dalam putih telur. Tetapi ada juga yang sukar larut dalam air, misalnya rambut dan kuku.

Protein tersusun atas banyak asam amino yang disatukan oleh ikatan peptida. Asam amino ini merupakan turunan asam karboksilat, yaitu dengan mensubstitusi sebuah atom hidrogen dengan gugus amino. Struktur asam amino secara umum sebagai berikut.

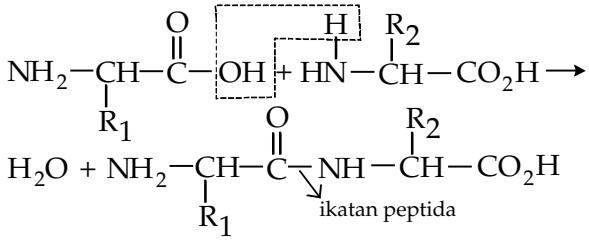


Tabel 5.4. Beberapa senyawa asam amino.

Nama	Simbol	Rumus Kimia
Alanin	Ala	$CH_3CH(NH_2)CO_2H$
Valin	Val	$(CH_3)_2CHCH(NH_2)CO_2H$
Leucin	Leu	$(CH_3)_2CHCH_2CH(NH_2)CO_2H$
Fenilalanin	Phe	$C_6H_5CH_2CH(NH_2)CO_2H$
Lisin	Lys	$H_2N(CH_2)_4CH(NH_2)CO_2H$

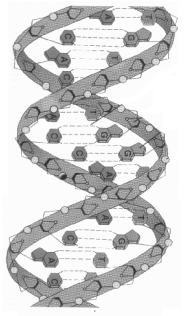
Sumber: General Chemistry, Principles and Modern Applications, Petrucci R. H, Harwood W. S, dan Herring G. F

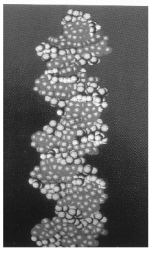
Cara penggabungannya dapat dituliskan sebagai berikut.



Asam amino yang satu dengan yang lain bergabung melalui ikatan peptida membentuk protein. Protein adalah senyawa terpenting dalam sel makhluk hidup. Tahukah kalian fungsi protein? Protein mempunyai fungsi sebagai berikut.

- Pembentuk struktur sel. Ini terdapat sebagai membran sel, kolagen, dan jaringan penghubung.
- Protein aktif. Protein aktif yang dimaksud adalah protein yang berfungsi sebagai katalis.





Sumber: General Chemistry, Hill J. W, Petrucci R. H, Mc Creary T. W, dan Perry S. S

Gambar 5.9
Struktur alfa heliks suatu peptida.

a. Struktur protein

Struktur dasar protein dibedakan menjadi empat tingkat, yaitu

1) Struktur primer

Struktur primer menunjukkan jumlah, jenis, dan urutan asam amino dalam molekul protein.

2) Struktur sekunder

Struktur sekunder terdiri atas dua jenis, yaitu struktur heliks dan struktur lembaran berlipat. Jika ikatan hidrogen terbentuk antara gugus-gugus yang terdapat dalam satu rantai peptida, maka terbentuk struktur heliks. Jika ikatan hidrogen terbentuk antara dua rantai polipeptida atau lebih, maka terbentuk struktur lembaran berlipat.

3) Struktur tersier

Struktur tersier menunjukkan kecenderungan polipeptida membentuk lipatan atau gulungan untuk membentuk struktur yang lebih kompleks. Struktur ini dimantapkan oleh adanya beberapa ikatan antara gugus R pada molekul asam amino yang membentuk protein.

4) Struktur kuartener

Struktur kuartener menunjukkan derajat persekutuan unit-unit protein.

b. Penggolongan protein

Berdasarkan strukturnya, protein dapat dibedakan menjadi dua golongan besar, yaitu

1) Protein sederhana

Protein sederhana adalah protein yang hanya terdiri atas molekul-molekul asam amino. Protein sederhana dibedakan menjadi dua, yaitu protein serat dan protein globular. Protein serat mempunyai bentuk molekul panjang dan mempunyai sifat tidak larut dalam air serta sukar diuraikan enzim. Contoh protein serat adalah keratin sutera alam dan kolagen. Sedangkan protein globular berbentuk bulat dan pada umumnya dapat larut dalam air, larutan asam atau basa, serta etanol. Beberapa jenis protein globular diantaranya adalah albumin, globumin, histon, dan protamina.

2) Protein gabungan

Protein gabungan adalah protein yang berikatan dengan senyawa bukan protein. Bagian yang bukan protein ini disebut gugus prostetik. Jenis protein gabungan antara lain mukoprotein, lipoprotein, dan nukleoprotein. Muko protein adalah gabungan antara protein dan karbohidrat yang terdapat dalam bagian putih telur, serum darah, dan urine wanita hamil. Lipoprotein adalah gabungan antara protein yang larut dalam air dengan lipid. Protein ini terdapat dalam serum darah, otak, dan jaringan syaraf. Nukleoprotein terdiri atas protein yang bergabung dengan asam nukleat.

c. Sifat-sifat protein

Protein mempunyai sifat-sifat sebagai berikut.

1) Ionisasi

Seperti asam amino, protein yang larut dalam air akan membentuk ion yang mempunyai muatan positif dan negatif. Ionisasi protein digambarkan sebagai berikut.

Kegiatan Mandiri

Coba kalian cari literatur yang membahas tentang protein melalui internet. Kemudian sebutkan contoh lain dari protein yanglarut dalam air dan protein yang tidak larut dalam air.

$$\text{protein}^{+} \rightleftharpoons H^{+} + {}^{+}\text{protein}^{-}$$

kation *zwitter ion*

$${}^{+}\text{protein}^{-} \rightleftharpoons H^{+} + \text{protein}^{-}$$

zwitter ion anion

Protein mempunyai titik isolistrik. Titik isolistrik mempunyai arti penting karena berhubungan erat dengan sifat fisik dan sifat kimia. Pada pH di atas titik isolistrik protein bermuatan negatif, sedangkan di bawah titik isolistrik protein bermuatan positif.

2) Denaturasi

Denaturasi merupakan perubahan konformasi alamiah menjadi suatu konformasi yang tidak menentu. Proses denaturasi ini dapat berlangsung secara reversibel maupun tidak. Pada umumnya penggumpalan protein didahului oleh proses denaturasi yang berlangsung baik pada titik isolistrik protein tersebut. Denaturasi dapat terjadi karena pengaruh pH, gerakan mekanik, adanya alkohol, aseton, eter, dan detergen.

3) Viskositas

Viskositas adalah tahanan yang timbul oleh adanya gesekan antara molekul-molekul di dalam zat cair yang mengalir. Larutan protein dalam air mempunyai viskositas atau kekentalan yang relatif lebih besar daripada viskositas air sebagai pelarutnya. Viskositas larutan protein tergantung pada jenis protein, bentuk molekul, kemolaran , dan suhu larutan.

Sejauh Mana Pemahaman Kalian ?

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Bagaimana suatu protein dapat terbentuk?
2. Sebutkan penggolongan protein dan berikan contohnya.
3. Bagaimana sifat ionisasi protein?
4. Apa yang dimaksud dengan titik isolistrik protein?
5. Apa yang dimaksud dengan denaturasi dan mengapa protein dapat mengalami denaturasi?



Aktivitas Kimia

Pengenalan protein (uji biuret)

Alat

- tabung reaksi
- pipet tetes

Bahan

- NaOH 2,5 N
- $CuSO_4$ 0,01 M
- putih telur
- susu cair
- terigu

Cara kerja

1. Masukkan masing-masing 3 mL putih telur, susu, dan terigu ke dalam tabung reaksi.
2. Tambahkan 1 mL NaOH 2,5 N.
3. Aduk sampai rata.
4. Tambahkan setetes $CuSO_4$ 0,01 M dan aduk.
5. Jika tidak timbul warna violet, maka tambahkan setetes atau dua tetes $CuSO_4$.
6. Amati yang terjadi dan catat hasil pengamatanmu.

Hasil pengamatan

Buat dan lengkapi tabel di bawah ini pada buku kerja kalian.

No	Bahan	Sebelum Penambahan	Setelah Penambahan $CuSO_4$
1.	Putih telur		
2.	Susu		
3.	Larutan terigu		

Evaluasi dan kesimpulan

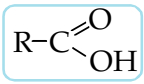
Kerjakan di buku kerja kalian.

1. Apa yang terjadi dengan warna larutan protein setelah penambahan $CuSO_4$?
2. Apa makna perubahan warna tersebut?
3. Mengapa harus dihindarkan kelebihan $CuSO_4$?
4. Uji biuret menunjukkan adanya ikatan peptida pada protein. Jelaskan.
5. Buat kesimpulan dari kegiatan kalian.

D. Lemak

1. Asam lemak

Asam lemak adalah asam organik yang terdapat sebagai ester trigliserida atau lemak, baik yang berasal dari hewan atau tumbuhan. Asam ini adalah asam karboksilat dengan rumus umum sebagai berikut.

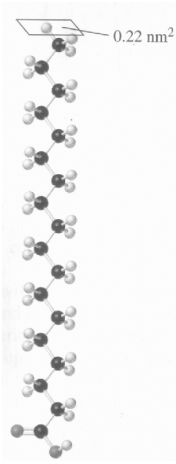


Di mana R adalah rantai karbon yang jenuh atau tidak jenuh dan terdiri atas 4 sampai 24 buah atom karbon. Rantai karbon yang jenuh adalah rantai karbon tidak mengandung ikatan rangkap, sedangkan rantai karbon tidak jenuh masih mengandung ikatan rangkap. Beberapa asam lemak umum disajikan dalam Tabel 5.5.

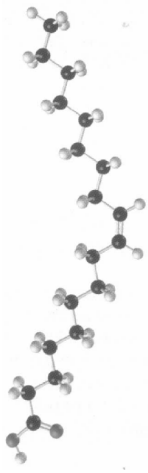
Tabel 5.5. Beberapa asam lemak.

Nama	Rumus	Titik lebur (°C)
Asam lemak jenuh		
Asam butirat	C_3H_7COOH	–7,9
Asam kaproat	$C_5H_{11}COOH$	–1,5 sampai –2,0
Asam palmitat	$C_{15}H_{31}COOH$	64
Asam stearat	$C_{17}H_{35}COOH$	69,4
Asam lemak tidak jenuh		
Asam oleat	$C_{17}H_{33}COOH$	14
Asam linoleat	$C_{17}H_{31}COOH$	–11
Asam linolenat	$C_{17}H_{29}COOH$	Cair pada suhu sangat rendah

Sumber: General Chemistry, Hill J. W, Petrucci R. H, Mc Creary T. W, dan Perry S. S

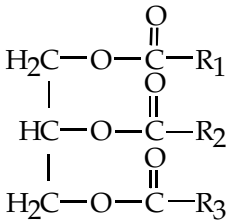


Asam stearat


Asam oleat

2. Lemak

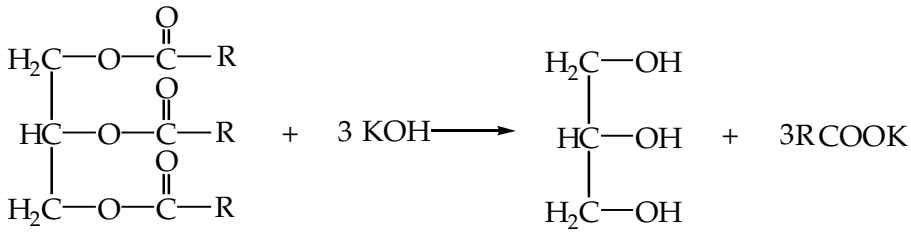
Lemak adalah ester asam lemak dengan gliserol. Gliserol ialah suatu trihidroksi alkohol yang terdiri atas tiga atom karbon. Struktur umum molekul lemak seperti disamping.



Lemak pada suhu kamar berbentuk cair disebut minyak. Istilah lemak biasanya digunakan untuk yang berwujud padat. Lemak hewan pada umumnya berupa zat padat, sedangkan lemak tumbuhan berupa zat cair. Lemak yang mempunyai titik lebur tinggi mengandung asam lemak jenuh, sedangkan lemak cair mengandung asam lemak tidak jenuh. Lemak merupakan asam lemak rantai pendek dapat larut dalam air, sedangkan gliserida asam lemak rantai panjang tidak larut. Semua gliserida larut dalam ester, kloroform, dan benzena. Alkohol panas adalah pelarut lemak yang baik.

Lemak akan terurai menjadi asam lemak dan gliserol melalui proses hidrolisis. Proses ini dapat berjalan dengan menggunakan asam, basa atau enzim tertentu. Hidrolisis dengan basa akan menghasilkan gliserol dan garam asam lemak atau sabun. Oleh karena itu, proses hidrolisis yang menggunakan basa disebut proses penyabunan.

Reaksi Penyabunan



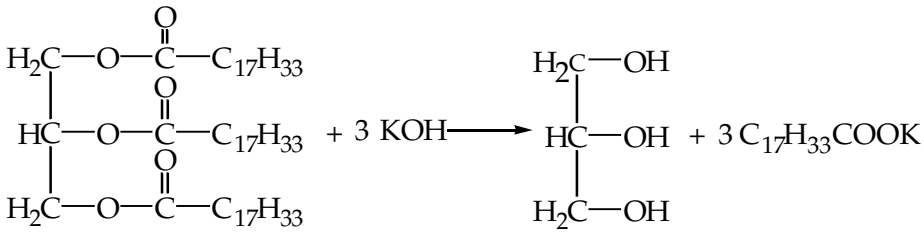
Jumlah mol basa yang digunakan dalam proses ini tergantung pada jumlah mol asam lemak. Untuk lemak dengan massa tertentu, jumlah mol asam lemak tergantung dari panjang rantai karbon pada asam lemak tersebut. Jumlah miligram KOH yang diperlukan untuk menyabunkan 1 gram lemak disebut *bilangan penyabunan.*

Contoh

Berapa bilangan penyabunan dari gliseriltrioleat? (Mr = 884)

Jawab

Persamaan reaksi penyabunan gliseriltrioleat dengan KOH.

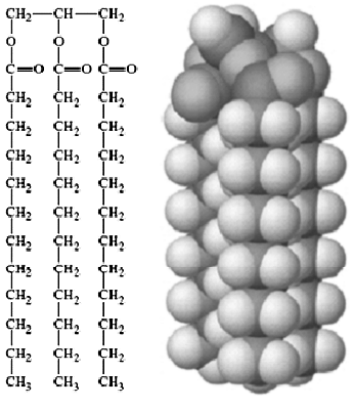


$$1 \text{ gram gliseriltrioleat} = \frac{1}{884} \text{ mol}$$

$$\frac{1}{884} \text{ mol gliseriltrioleat} \approx \frac{3}{884} \text{ mol KOH}$$

$$\frac{3}{884} \text{ mol KOH} = \frac{3}{884} \quad 56 \quad 1000 \text{ mg}$$

$$= 190{,}0472 \text{ mg}$$



Gambar 5.10
Struktur molekul gliseril trioleat.

Sumber: General Chemistry, Principles and Modern Applications, Petrucci R. H, Harwood W. S, dan Herring G. F

Jadi, bilangan penyabunan gliseriltrioleat adalah 190, 5 mg.

Sejauh Mana Pemahaman Kalian ?

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Bagaimana perbedaan dari lemak jenuh dengan lemak tak jenuh? Jelaskan.
2. Bagaimana kecenderungan kejenuhan lemak hewani dibandingkan dengan lemak nabati ditinjau dari titik leburnya?
3. Bagaimana sifat-sifat fisik lemak?
4. Hitung bilangan penyabunan gliseriltripalmitat.
5. Tuliskan rumus gliserol.



Aktivitas Kimia

Uji kejenuhan lemak

Alat

- tabung reaksi
- pipet tetes
- beker gelas

Bahan

- kloroform
- etanol
- minyak kelapa
- minyak jagung
- mentega
- gajih
- buah avokad
- larutan brom dalam kloroform (1 mL Br_2 dilarutkan di dalam 20 mL kloroform)

Cara kerja

1. Masukkan 1 tetes minyak kelapa dan minyak jagung dalam tabung reaksi yang berbeda.
2. Masukkan pula sedikit mentega, gajih, dan avokad ke dalam 3 tabung reaksi berbeda.
3. Tambahkan 1 mL kloroform atau etanol ke dalam masing-masing tabung reaksi.
4. Pada tabung keenam, masukkan 1 mL kloroform sebagai blanko.
5. Teteskan larutan brom ke dalam semua tabung sampai terlihat warna kuning.
6. Catat jumlah tetes yang diperlukan.

Hasil pengamatan

Buat dan lengkapi tabel di bawah ini pada buku kerja kalian.

No	Lemak	Jumlah Tetes
1	Minyak kelapa	
2	Minyak jagung	
3	Mentega	
4	Gajih	
5	Avokad	

Evaluasi dan kesimpulan

Kerjakan di buku kerja kalian.

1. Apa fungsi kloroform atau etanol dalam aktivitas ini?
2. Bagaimana hubungan antara jumlah tetesan dengan kejenuhan lemak?
3. Jelaskan urutan tingkat kejenuhan lemak berdasarkan aktivitas lalu bandingkan dengan teori yang ada.
4. Buat kesimpulan dari aktivitas kalian dan diskusikan dengan teman kalian.

Tahukah Kalian



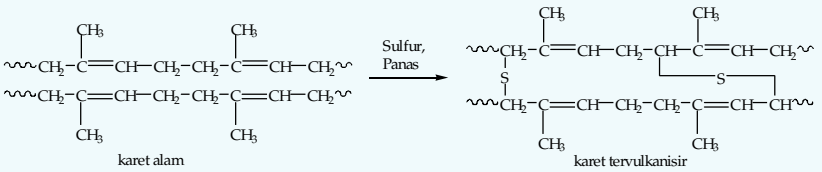
Sumber: www.gutenberg.org

Karet alam berasal dari pohon karet yang ditemukan di sebagian besar daerah tropis. Penggunaan karet sebagian besar dikarenakan keistimewaannya pada keelastisan, atau kemampuan untuk mengembang. Karet juga kedap udara dan tahan air. Meskipun demikian, karet alam mempunyai keterbatasan. Karet akan mengembang pada cuaca panas dan mengkerut pada cuaca dingin. Solusi untuk masalah tersebut secara tidak sengaja ditemukan oleh seorang penemu Amerika, *Charles Goodyear*, pada tahun 1839. Ketika memimpin sebuah eksperimen, *Goodyear* menumpahkan campuran karet dan belerang pada sebuah tungku panas. Dia dikejutkan oleh penemuan bahwa karet menjadi mengembang dengan kejadian tersebut. Karet dapat menunjukkan bentuk dan elastisitas yang sama pada kondisi panas dan dingin yang ekstrim. Metode pemanasan campuran karet-belerang dikenal dengan vulkanisir.

Suatu pandangan ilmu kimia tentang karet menunjukkan bagaimana vulkanisir memperkuat karet. Pada karet alam, seratus molekul isoprena (C_5H_8) bergabung membentuk polimer besar. Pada karet yang tidak lunak, polimer saling membalik seperti tangan. Pemelaran karet meluruskan rantai. Karet kembali pada

posisi melipat ketika mengendur. Pada vulkanisir, kombinasi secara kimiawi belerang dengan karet untuk membentuk hubungan menyilang diantara polimer. Ini mengikat rantai lebih kuat, memperlihatkan elastisitas dan kekuatan karet yang lebih baik. Jika menginginkan karet yang keras dengan penambahan belerang lebih banyak.

Beberapa pengembangan karet telah dibuat pertamakali oleh *Goodyear*. Saat ini karet sintetis lebih luas peng-gunaannya dibandingkan dengan karet alam. Karet sintetis mengan-dung hidrokarbon lain selain isoprena sebagai bangunan yang kompleks. Beberapa senyawa yang digunakan adalah butadiena (C_4H_6), stirena ($C_6H_5CHCH_2$), dan kloroprena (C_4H_5Cl). Senyawa-senyawa ini lebih mudah mengalami polimerisasi dibandingkan isoprena. Bentuk lain dari karet sintesis sedang dibuat dari silikon. Riset terbaru difokuskan pada produksi karet sintesis yang dapat bertahan pada perbedaan suhu yang ekstrim. Hal ini menjadi kritis pada masa pertumbuhan nuklir.

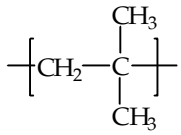


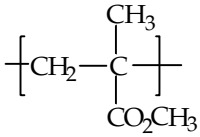
karet alam — karet tervulkanisir

Latihan 3

Kerjakan di buku latihan kalian.

1. Apa perbedaan glukosa dengan ribosa?
2. Apa yang dimaksud dengan *zwitter*ion?
3. Tuliskan yang dimaksud dengan ikatan peptida.
4. Mengapa kita tidak dianjurkan mengkonsumsi sayur dan buah berserat terlalu banyak?
5. Tuliskan nama dan struktur monomer yang dibutuhkan untuk mensintesis polimer berikut ini.

a. 

b. 

6. Jelaskan perbedaan minyak dengan lemak.
7. Tentukan bilangan penyabunan dari gliseriltristearat.
8. Jelaskan mengapa air dan minyak tidak campur.

Ringkasan

1. Senyawa karbon merupakan senyawa yang berasal dari makhluk hidup. Tubuh makhkuk hidup sebagian besar tersusun atas karbon, hidrogen, dan oksigen. Ada berjuta-juta senyawa karbon, namun demikian secara garis besar jutaan senyawa karbon tersebut dapat dibedakan berdasarkan gugus fungsional yang dimilikinya. Beberapa gugus fungsi yang terdapat dalam senyawa karbon antara lain adalah
 a. halo alkana (turunan alkana dengan mengganti 1 atau lebih atom H dengan atom golongan halogen),
 b. alkanol (senyawa yang mempunyai gusus –OH),
 c. alkoksi alkana (senyawa dengan gugus –O–),
 d. alkanal (senyawa dengan gugus (–CHO),
 e. alkanon (senyawa dengan gugus –CO–),
 f. alkanoat(seyawa dengan gugus –COOH),
 g. alkil alkanoat (senyawa dengan gugus –COOR').
2. Senyawa karbon dapat memiliki isomer. Isomer merupakan senyawa yang memiliki rumus molekul sama tetapi berbeda dalam rumus struktur atau bangunnya. Beberapa jenis isomer antara lain adalah
 a. isomer rantai (memiliki susunan ratai berbeda),
 b. isomer fungsional (memiliki gugus fungsi berbeda),
 c. isomer posisi (memiliki letak gugus sejenis berbeda),
 d. isomer optis aktif (terdapat dalam senyawa yang memiliki atom C asimetris).
3. Senyawa siklik turunan benzena antara lain fenol (desinfektan), anilin (pembuatan warna), asam benzoat (pengawet), dan nitrobenzena(pewangi).
4. Senyawa makromolekul dapat dikelompokan menjadi
 a. polimer
 b. karbohidrat
 c. protein
 d. lemak
 e. asam lemak



A. Jawab pertanyaan berikut ini dengan benar pada buku latihan kalian.

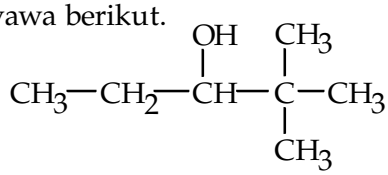
1. Beri penjelasan selengkap mungkin tentang istilah-istilah berikut.
 a. Isomer
 b. Polimer
 c. Sakarida aldosa
 d. Gugus prostetik
 e. Lemak jenuh

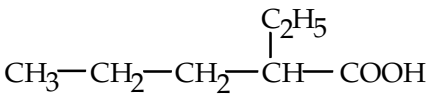
2. Jelaskan perbedaan dari pasangan senyawa berikut.
 a. Aldehid dan keton,
 b. Alkohol dan eter.

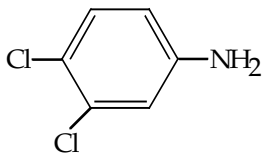
3. Apa perbedaan gugus fungsi karbonil dengan karboksil?

4. Tuliskan rumus struktur dari:
 a. 4-bromo-2-kloro-1,1-difluoro-4-metilbutana,
 b. asam 2,3-dibromobenzoat,
 c. asam o-nitrobenzena,
 d. m-klorotoluena,

5. Tentukan nama IUPAC dari struktur senyawa berikut.

 a. 

 b. 

 c. 

6. Sebuah senyawa dengan empat atom karbon mengandung suatu gugus aldehid dan gugus karboksilat. Ada dua struktur yang mungkin untuk senyawa ini, apakah itu?

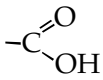
7. *Oksirana*, yang disebut etilena oksida (C_2H_4O) digunakan sebagai zat pencuci hama dan pengasap. Senyawa ini tak mengandung ikatan rangkap maupun rangkap tiga. Coba gambar strukturnya.

8. Tuliskan persamaan reaksi berikut.
 a. Reduksi 2-pentanal.
 b. Oksidasi 2-metil-propanal.
 c. Hidrolisis butanamida.
 d. Asam 2-metil-butanoat dan propanol.
 e. Hidrolisis isopropil metanoat.
 f. Polimerisasi PVC dari vinil klorida.

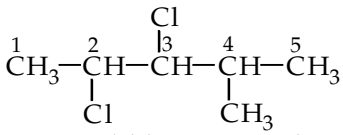
9. Jelaskan apa yang dimaksud dengan struktur primer, sekunder, tersier, dan kuartener protein.

10. Suatu trigliserida tercampur mengandung dua satuan asam stearat dan satu satuan asam palmitoleat. Apa produk organik utamanya, jika senyawa tersebut direaksikan dengan NaOH encer dan kalor?

B. Pilih salah satu jawaban yang paling benar pada buku latihan kalian.

1. Suatu senyawa direaksikan dengan amina akan menghasilkan suatu amida. Gugus fungsi senyawa adalah
 a. – OH
 b. – O –
 c. – NH_2
 d. 
 e. 

2. Di antara senyawa berikut yang tergolong alkohol tersier adalah
 a. 2-propanol
 b. 2-metil-2-butanol
 c. 2-metil-3-butanol
 d. 3-butanol
 e. 1,2-dimetil-3-butanol

3. Nama IUPAC senyawa
 
 a. 3,4-dikloro-2-metilpentana
 b. 2-kloro-4-metilpentana
 c. 4 metil-2,3-dikloropentana
 d. 2-kloro-3-metilbutana
 e. 2,3-dikloro-4-metilpentana

4. Jumlah isomer posisi dari senyawa karbon dengan rumus $C_4H_{10}O$ adalah
 a. 2
 b. 3
 c. 4
 d. 5
 e. 6

5. Alkohol yang dapat dioksidasi oleh $K_2Cr_2O_7$ adalah
 a. alkohol tersier
 b. alkohol sekunder
 c. alkohol primer
 d. jawaban a, b, dan c benar
 e. jawaban b dan c benar

6. 2-metil-1-pentanol berisomer dengan
 a. metil propil eter
 b. dipropil eter
 c. 3-pentanol
 d. isopentanol
 e. etil propil eter

7. Nama senyawa yang memenuhi tata nama IUPAC adalah
 a. 2-metil-3-butanol
 b. etoksimetana
 c. 2-etoksipropana
 d. 3-butanol
 e. 1,2-dipropanol

8. Senyawa dengan rumus molekul C_4H_8O menghasilkan endapan merah dengan pereaksi *Fehling*. Ada berapa kemungkinan senyawa seperti itu?
 a. 1
 b. 2
 c. 3
 d. 4
 e. 5

9. Di antara beberapa senyawa karbon berikut, yang tidak berbentuk cair pada suhu kamar adalah
 a. asam valerat
 b. iodoform
 c. gliserol
 d. metil eter
 e. asam oksalat

10. Diantara pasangan senyawa berikut, yang dapat dibedakan dengan menggunakan pereaksi *Tollens* adalah ….
 a. HCHO dan CH_3CHO
 b. CH_3CHO dan CH_3COCH_3
 c. CH_3COCH_3 dan $CH_3CO_2CH_3$
 d. $CH_3CO_2CH_3$ dan CH_3CO_2H
 e. CH_3COCH_3 dan $C_6H_5COCH_3$
11. Halo alkana yang berfungsi sebagai pendingin adalah ….
 a. C_2H_5Br
 b. CCl_2F_2
 c. $CHCl_3$
 d. CHI_3
 e. CCl_4
12. Salah satu senyawa turunan benzena yang terdapat dalam minyak amandel adalah ….
 a. asam benzoat
 b. benzaldehid
 c. natrium benzoat
 d. asam benzena sulfonat
 e. fenol
13. Jika aseton direduksi, senyawa yang dihasilkan adalah ….
 a. asam asetat
 b. propil alkohol
 c. isopropil alkohol
 d. asetaldehid
 e. etanol
14. Hal yang sama antara etanol (C_2H_5OH) dengan dimetil eter ($CH_3 - O - CH_3$) adalah ….
 a. momen dipol
 b. titik didih
 c. titik beku
 d. kelarutan dalam air
 e. massa molekul relatif
15. Karbohidrat yang dapat dihidrolisis menghasilkan dua molekul glukosa adalah
 a. sukrosa
 b. maltosa
 c. amilum
 d. xilosa
 e. laktosa
16. Jenis sakarida yang paling banyak terdapat dalam madu adalah
 a. fruktosa
 b. glukosa
 c. galaktosa
 d. maltosa
 e. xilosa
17. Karbohidrat yang mengandung gugus keton disebut
 a. aldosa
 b. hektosa
 c. sukrosa
 d. selulosa
 e. ketosa
18. Diantara asam lemak-asam lemak berikut yang mempunyai tingkat kejenuhan paling tinggi adalah
 a. asam oleat
 b. asam stearat
 c. asam linolenat
 d. asam butirat
 e. asam linoleat
19. Diperkirakan, senyawa-senyawa di bawah ini yang mempunyai nilai bilangan penyabunan terkecil adalah
 a. gliseriltrioleat
 b. gliseriltripalmitat
 c. gliseriltristearat
 d. gliseril lauropalmitostearat
 e. gliseriltributirat
20. Senyawa yang memiliki sifat *zwitter* ion adalah
 a. asam lemak
 b. protein
 c. monosakarida
 d. lemak
 e. polimer

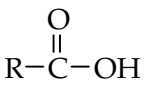
UJI KOMPETENSI SEMESTER 2

A. Jawab pertanyaan di bawah ini dengan benar pada buku latihan kalian.

1. Tulis reaksi oksidasi pentanol.
2. Aroma buah-buahan terbuat dari senyawa ester. Isopentil asetat beraroma pisang. Tuliskan reaksi hidrolisis senyawa isopentil asetat.
3. Jelaskan sifat fisik dari asam karboksilat.
4. Mengapa denaturasi protein dapat terjadi? Jelaskan.
5. Berikan contoh senyawa yang termasuk dalam makromolekul. Jelaskan.

B. Pilih salah satu jawaban yang paling tepat pada buku latihan kalian.

1. Jika suatu senyawa karbon mempunyai rumus struktur



maka senyawa tersebut termasuk kelompok
 a. alkohol
 b. aldehid
 c. asam karboksilat
 d. ester
 e. alkana

2. Senyawa berikut termasuk halo alkana, *kecuali*
 a. 3-metil-butana
 b. 2-kloro-1-fluoroetana
 c. bromo benzena
 d. dibromo etana
 e. etil klorida

3. Jumlah isomer dari senyawa C_3H_8O adalah
 a. 2
 b. 3
 c. 4
 d. 5
 e. 6

4. Butil alkohol C_4H_9OH adalah isomer dengan
 a. $C_2H_7COCH_3$
 b. $C_2H_5COC_2H_5$
 c. $CH_3COOC_2H_5$
 d. $C_2H_5OCH_2H_4O$
 e. $C_2H_5COOC_2H_5$

5. Asam laktat bersifat optis aktif karena mempunyai
 a. gugus karboksilat
 b. gugus hidroksil
 c. gugus metil
 d. atom C simetris
 e. bentuk tetrahidral

6. Pernyataan berikut yang termasuk sifat senyawa halo alkana adalah
 a. suhu rendah berwujud padat
 b. mudah larut dalam air
 c. sukar larut dalam air
 d. titik didih rendah
 e. suhu tinggi berwujud gas

7. Rumus karbon tetraklorida adalah
 a. $CHCl_3$
 b. CH_2Cl_2
 c. CH_3Cl
 d. CCl_4
 e. salah semua

8. Gugus fungsi yang terdapat dalam lemak adalah
 a. alkohol
 b. eter
 c. ester
 d. keton
 e. aldehid

9. Diantara asam lemak-asam lemak berikut yang mempunyai tingkat kejenuhan paling tinggi adalah
 a. asam oleat
 b. asam stearat
 c. asam linolenat
 d. asam butirat
 e. asam linoleat

10. Etanol merupakan alkohol primer. Jika dioksidasi, maka pertama kali membentuk
 a. etanal
 b. asam etanoat
 c. etoksi etana
 d. dietil eter
 e. ester

11. Senyawa yang dapat digunakan sebagai kembang gula dan pelembab tembakau adalah
 a. gliserol
 b. etanol
 c. butanon
 d. fenol
 e. anilin

12. Contoh polimer yang dapat memperlihatkan daya pegas adalah
 a. plastik
 b. serat
 c. sutra
 d. karet
 e. nilon

13. Enzim yang digunakan untuk hidrolisis laktosa adalah
 a. galaktosa
 b. laktosa
 c. laktase
 d. sukrase
 e. maltase

14. Proses pembentukan monomer-monomer menjadi polimer disebut
 a. denaturasi
 b. polimerisasi
 c. monomerisasi
 d. kondensasi
 e. adisi

15. Lemak adalah campuran ester-ester gliserol dengan asam-asam lemak. Proses reaksi yang dapat digunakan untuk memperoleh gliserol dari lemak adalah ... lemak.
 a. penyabunan
 b. esterifikasi
 c. perolisa
 d. destilasi
 e. oksidasi

UJI KOMPETENSI AKHIR TAHUN

A. Jawab pertanyaan di bawah ini dengan benar pada buku latihan kalian.

1. Berapa penurunan titik beku larutan $MgCl_2$ 0,00145 molal?
2. Suatu larutan dengan massa jenis 1,209 g mL^{-1} mengandung 34 % H_3PO_4. Hitung molaritas dan molalitas larutan tersebut.?
3. Diketahui diagram sel volta sebagai berikut.

 $Sn(s) \mid Sn^{2+}(aq)(0{,}075\ M) \parallel Pb^{2+}(aq)(0{,}06\ M) \mid PB(s)$

 Hitung harga E_{sel}-nya.
4. Unsur natrium dapat dibuat melalui proses *Castner* dan *Down*. Jelaskan perbedaan dari kedua proses tersebut.
5. Pada elektrolisis larutan Zn^{2+} dilewatkan arus listrik 1,87 A. Berapa gram Zn yang terbentuk di katode jika elektrolisis berlangsung selama 42,5 menit?
6. Jika unsur radioaktif $^{214}_{84}Po$ meluruh dengan memancarkan sinar α dan β, maka tentukan nomor atom dari unsur baru yang terbentuk.
7. Gambarkan rumus struktur dari
 a. propil etanoat
 b. isopropilbenzena
8. 2-metilbutana dan *n*-pentana merupakan dua isomer bagi suatu senyawa dengan rumus molekul C_5H_{12}. Gambar kedua rumus struktur tersebut.

B. Pilih salah satu jawaban yang paling tepat pada buku latihan kalian.

1. 30 gram zat bukan elektrolit (BM = 40) dilarutkan ke dalam 900 gram air, penurunan titik beku larutan adalah 1,550 C. Jika penurunan titik beku zat yang dilarutkan dalam 1,2 kg air adalah setengah dari 1,550 C; maka massa zat yang dilarutkan adalah ... gram.
 a. 10 d. 45
 b. 15 e. 80
 c. 20
2. Diantara kelima larutan berikut yang mempunyai titik beku paling tinggi adalah
 a. Na_2CO_2 0,3 M
 b. CH_3COOH 0,5 M
 c. glukosa 0,8 M
 d. $Mg(NO_3)_2$ 0,2 M
 e. $CuSO_4$ 0,2 M
3. Di daerah industri udara dapat mengandung gas-gas SO_2, CO_2, NO_2, O_2, N_2, CO, dan H_2O. Pasangan gas-gas yang dapat menyebabkan terjadinya korosi adalah
 a. O_2, N_2 d. SO_2, CO_2
 b. CO, N_2 e. CO, H_2O
 c. CO_2, CO
4. Suatu arus listrik kalau dialirkan melalui larutan Cu^{2+} dapat membebaskan 15,9 gram logam Cu. Jika diketahui Ar Cu = 63,5 dan Ag = 108, maka dengan jumlah arus yang sama dapat dibebaskan Ag dari larutan Ag^+ sebanyak ... gram.
 a. 8 d. 54
 b. 16 e. 81
 c. 27

5. Diketahui
$Ag(aq) + e^- \rightleftharpoons Ag(s)$ $E = +0{,}8$ V
$Mn^{2+}(aq) + 2e^- \rightleftharpoons Mn(s)$ $E = -1{,}18$ V
Maka daya gerak listrik dari sel $Mn(s) \mid Mn^{2+}(aq) \parallel Ag^+(aq) \mid Ag(s)$ adalah ... V.
a. 3,78 d. 1,98
b. 3,16 e. 0,42
c. 0,38

6. Jika hidrogen dipanaskan dengan logam alkali, maka terbentuk senyawa yang disebut
a. halida d. hidrida
b. nitrida e. alkaida
c. hidroksida

7. Unsur berikut yang termasuk unsur-unsur transisi adalah
a. Sr dan V d. Mn dan Cu
b. Ti dan Br e. Mn dan Sc
c. Fe dan Na

8. Reduktor yang sering digunakan untuk mereduksi bijih besi menjadi logamnya adalah
a. natrium d. karbon
b. hidrogen e. Pt
c. aluminium

9. Atom Bi mempunyai waktu paro 5 hari. Jika mula-mula disimpan massa-nya 40 gram, maka setelah disimpan selama 15 hari massanya berkurang ... gram.
a. 5 d. 30
b. 15 e. 35
c. 20

10. Tahanan yang timbul oleh adanya gesekan antara molekul-molekul di dalam zat cair yang mengalir disebut
a. denaturasi d. polimerisasi
b. kondensasi e. viskositas
c. ionisasi

11. Polimer yang digunakan untuk bahan perabot rumah tangga adalah
a. polietilena d. polistirena
b. poliester e. asetal
c. nilon 66

12. Senyawa ester yang beraroma apel adalah
a. metil butirat d. etil butirat
b. oktil asetat e. propil asetat
c. propil butirat

13. Nasi yang kita makan mengandung karbohidrat. Salah satu jenis karbohidrat adalah monosakarida. Monosakarida yang mengandung keton adalah
a. fruktosa d. galaktosa
b. glukosa e. ribosa
c. laktosa

14. Antara pasangan-pasangan bahan kimia berikut, jika bereaksi akan menghasilkan ester dengan rumus CH_3COOCH_3 adalah
a. HCOOH dan CH_3CH_2OH
b. CH_3COOH dan CH_3CH_2OH
c. HCOOH dan CH_3OH
d. CH_3COOH dan CH_3OH
e. CH_3CH_2COOH dan CH_3OH

15. Ada tidaknya ikatan peptida dapat diketahui dengan
a. pereaksi *Tollens*
b. pereaksi *Fehling*
c. uji biuret
d. adisi hidrogen
e. oksidasi protein

GLOSARIUM

Air sadah: air yang mengandung garam alkali tanah, terutama garam kalsium dan magnesium, menyebabkan kerak pada ketel uap dan mengurangi daya kerja sabun.

Aki: merupakan sel atau baterai dengan elektrode timbal sebagai anode dan timbal dioksida sebagai katode dengan larutan elektrolit asam sulfat, aki merupakan baterai yang dapat diisi ulang.

Aldehid: senyawa karbon dengan gugus fungsi -CHO disebut gugus formil. Nama IUPAC alkanal.

Alkali: golongan unsur yang menempati golongan IA dalam tabel periodik, elektron valensi 1, bersifat sebagi logam sangat reaktif.

Alkali tanah: golongan unsur yang menempati golongan IIA dalam tabel periodik, elektron valensi 2, bersifat sebagai logam reaktif.

Alkohol: etanol (C_2H_5OH), secara umum: senyawa organik dengan gugus OH pada atom karbon jenuh.

Alkohol primer: alkohol dengan gugus -OH terikat pada atom C primer.

Alkohol sekunder: alkohol dengan gugus -OH terikat pada atom C sekunder.

Alkohol tersier: alkohol dengan gugus -OH terikat pada atom C tersier.

Aluminium: unsur dengan nomor atom 95, simbol Al, Mr = 26,9815.

Anilin: senyawa organik dengan rumus $C_6H_5NH_2$, bersifat basa lemah, tidak berwarna dan jika terkena udara menjadi cokelat.

Anode: alat atau bagian alat untuk mengalirkan arus listrik positif ke dalam atau ke luar dari alat, tubuh atau sel, elektrode tempat terjadinya proses oksidasi.

Arang aktif: zat berasal dari kabon (arang) yang telah diaktifkan sehingga memiliki pori-pori luas dan mempunyai sifat sebagai adsorben.

Asam benzoat: senyawa organik dengan rumus C_6H_5COOH, bersifat asam merupakan bahan pengawet makanan dan pembuatan zat warna.

Asam format: mempunyai rumus HCOOH, asam organik yang biasa terdapat pada semut sehingga disebut juga asam semut.

Asam lemak: asam organik yang terdapat dalam bentuk ester trigleserida , berasal dari hewan maupun tumbuhan, mempunyai rumus umum RCOOH.

Baterai: sel kimia sebagai sumber potensial atau arus lisrik.

Baterai alkalin: merupakan sel kering pengganti batu baterai yang mengunakan anode seng, katode mangan dioksida, dan elektrolit kalium hidroksida.

Belerang: unsur dengan nomor atom 16, simbol S dan Ar = 32,06, merupakan unsur non logam getas berwarna kuning, dapat berbentuk kristal bening monoklin atau rhombik.

Benzena: senyawa organik dengan rumus C_6H_6, keenam atom karbon membentuk sebuah segienam beraturan dan keenam atom hidrogen terletak pada bidang segienam itu juga.

Besi: unsur dengan nomor atom 26, simbol Fe dan Ar = 55,847, logam hitam dan dapat ditarik magnet.

Bilangan oksidasi: bilangan yang seakan-akan dimiliki atom dalam membentuk ikatan kimia.

Bilangan penyabunan: jumlah miligram KOH yang diperlukan untuk menyabunkan 1 gram lemak.

Deret Volta: deretan yang menggambarkan urutan kereaktifan unsur, makin ke kiri letak logam dalam deret *Volta* maka logam makin reaktif, merupakan reduktor yang semakin kuat.

Diagram P-T: diagram yang menunjukkan hubungan antara variabel tekanan dengan variabel suhu.

Diagram sel: notasi yang dipakai untuk menggambarkan susunan sel, diagram sel disusun dengan urutan anode (jika ada), proses reaksi oksidasi, jembatan garam, proses reaksi reduksi, katode (jika ada), contoh:

$Zn(s) \mid Zn^{2+}(aq) \parallel Cu^{2+}(aq) \mid Cu(s)$.

Elektrode: alat atau bagian alat untuk mengalirkan arus listrik ke dalam atau ke luar dari alat, tubuh atau sel, dapat berupa sepotong kawat biasa, tetapi dapat pula rumit, seperti elektrode kalomel, bahkan dapat pula berarti tempat alat itu sendiri.

Elektrode inert: elektrode yang tidak akan mengalami perubahan ketika reaksi dalam sel elektrolisis dilakukan, misalnya platina (Pt) dan karbon (C).

Elektrolit: zat yang larutannya dalam air atau leburannya dapat menghantarkan listrik, bahan yang menghantarkan arus listrik karena terjadi perpindahan ion.

Elektroplating: kata lain penyepuhan, merupakan proses elektrolisis yang pada prinsipnya melapisi suatu logam yang mudah teroksidasi dengan logam lain yang lebih mulia atau inert.

Emas: unsur dengan nomor atom 79, simbol Au dan Ar = 196,966, logam berwarna kuning keemasan, sering dipakai sebagai perhiasan.

Ester: senyawa karbon dengan gugus fungsi -COOR', nama IUPAC ester adalah alkil alkanoat.

Etanol: lihat alkohol.

Eter: senyawa dengan gugus fungsi -O- yang terikat pada dua gugus alkil, nama IUPAC eter adalah alkoksi alkana.

Fenol: senyawa organik dengan rumus C_6H_5OH, dapat melepuhkan kulit, dan digunakan sebagai desinfektan.

Fosfor: unsur dengan nomor atom 15, simbol P dan Ar = 39,9738; unsur bukan logam yang dapat mengeluarkan cahaya sendiri di tempat gelap (fosforesensi) merupakan penyusun utama tulang.

Fraksi mol : perbandingan antara jumlah mol zat dengan jumlah mol total yang terdapat dalam larutan.

Fruktosa: monosakarida yang sering disebut levulosa, mempunyai rumus kimia $C_6H_{12}O_6$ tetapi mempunyai gugus keton.

Galaktosa: monosakarida yang terdapat dalam disakarida laktosa, mempunyai rumus kimia $C_6H_{12}O_6$, mempunyai gugus fungsi aldehida.

Galvanisasi: pelapisan logam dengan logam pelapis seng (Zn).

Gliserol: nama lain gliserin, merupakan trihidroksi alkohol yang terdiri atas tiga atom karbon, zat cair kental, tidak berwarna, dan mempunyai rasa manis. Mudah larut dalam air, merupakan zat hasil samping dalam pembuatan sabun.

Glukosa: monosakarida yang sering disebut gula darah, mempunyai rumus kimia $C_6H_{12}O_6$, dengan gugus aldehida.

Grafit: zat padat berwarna hitam, lunak dari karbon dengan struktur bidang trigonal membentuk lingkar enam dengan panjang ikatan antar C sekitar 1,42.

Halo alkana: turunan alkana dengan menggantikan satu atau lebih atom hidrogen dengan atom-atom golongan halogen.

Halogen: golongan unsur yang menempati golongan VIIA dalam tabel periodik unsur, mempunyai elektron valensi 7, merupakan unsur non logam yang reaktif.

Hidrogen: unsur dengan nomor atom 1, simbol H dan Ar = 1,008, di alam berupa gas yang sangat reaktif, mudah meledak.

Hipertonik: larutan yang mempunyai tekanan osmosis lebih tinggi.

Hipotonik: larutan yang mempunyai tekanan osmosis lebih rendah.

Hukum Faraday: massa zat yang dilepaskan selama elektrolisis berbanding dengan jumlah listrik yang digunakan, massa zat yang dilepaskan pada elektrolisis berbanding lurus dengan massa ekuivalen zat itu.

Intan: zat padat bening berkilauan, mudah patah menjadi berkeping-keping dan memiliki kekerasan paling tinggi diantara logam lain.

Isomer: senyawa yang memiliki rumus molekul sama tetapi berbeda dalam rumus bangun atau strukturnya.

Isomer fungsional: isomer yang terjadi apabila dua atau lebih molekul memiliki gugus fungsional yang berbeda.

Isomer geometri: isomer yang terjadi apabila terdapat atom C yang mengikat keempat gugus yang berbeda (atom C asimetris).

Isomer optis aktif: isomer yang terjadi pada senyawa tidak jenuh dan senyawa yang mengandung substituen yang berbeda.

Isomer posisi: isomer yang terjadi apabila dua atau lebih molekul memiliki gugus fungsional sejenis yang letaknya berbeda.

Isomer rantai: isomer yang terjadi apabila dua atau lebih molekul memiliki rantai karbon yang berbeda.

Isotonik: larutan yang mempunyai tekanan osmosis sama.

IUPAC: merupakan singkatan dari International *Union of Pure and Applied Chemistry*, sebuah organisasi internasional yang menyepakati satuan untuk kimia murni dan terapan.

Jembatan garam: jembatan yang berfungsi untuk menghantarkan ion-ion melalui suatu koloid (agar-agar).

Karbohidrat: merupakan senyawa makromolekul yang mengandung karbon, hidrogen danoksigen, dengan rumus empiris CH_2O, banyak terdapat dalam bahan nabati baik berupa gula sederhana, maupun yang lebih kompleks seperti pektin, pati, dan selulosa.

Karboksilat: senyawa karbon dengan gugus fungsi -COOH yang disebut dengan gugus karboksil, nama IUPAC karboksilat adalah alkanoat.

Karbon: unsur dengan nomor atom 6, simbol C dan Ar = 12,011, merupakan komponen utama dalam makhluk hidup, unsur yang merupakan standar dalam perhitungan massa atom relatif.

Katode: alat atau bagian alat untuk mengalirkan arus listrik negatif ke dalam atau ke luar dari alat, tubuh atau sel, elektrode tempat terjadinya proses reduksi.

Kemolalan: perbandingan antara jumlah mol zat terlarut dengan massa dalam kilogram (kg) pelarut, kemolalan mempunyai satuan mol kg^{-1}.

Kemolaran: perbandingan antara jumlah mol zat terlarut dengan volume dalam liter suatu larutan, kemolaran mempunyai satuan mol L^{-1}.

Koligatif: sifat fisik yang hanya tergantung pada jumlah partikel zat terlarut dan tidak tergantung pada jenis partikel zat terlarut, misal tekanan osmosis, titik didih, titik beku, dan tekanan uap.

Korosi: secara umum berarti perusakan lambat benda atau bahan oleh zat kimia, secara khusus berarti reaksi kimia dan elektrokimia antara logam dan sekitarnya.

Krom: unsur dengan nomor atom 24, simbol Cr dan Ar = 51,996, logam putih perak, getas dan keras, ditemukan oleh Vanquelin pada tahun 1797.

Larutan: campuran homogen antara zat terlarut dengan zat pelarut, partikel-partikel zat terlarut berukuran molekul, tidak mengendap jika didiamkan.

Lemak: ester asam lemak dengan gliserol, pada suhu kamar berbentuk padat.

Magnesium: logam dengan nomor atom 21, Ar = 24,305 dengan simbol Mg, berwarna putih perak terletak pada golongan IIA, merupakan logam yang reaktif, bereaksi dengan air membentuk basa kuat $Mg(OH)_2$.

Massa molar: massa dalam gram dari satu mol zat, besarnya massa molar sama dengan massa atom relatif suatu unsur atau massa molekul relatif suatu senyawa.

Membran semipermeabel: selaput/lapisan yang hanya dapat dilalui oleh partikel zat pelarut tetapi tidak dapat dilalui oleh partikel zat terlarut.

Mineral: bahan bukan organik dan organik yang telah menjadi fosil dan terdapat di alam.

Molalitas: perbandingan antara jumlah mol zat terlarut dengan massa dalam kilogram (kg) pelarut, molalitas mempunyai satuan mol kg^{-1}.

Molaritas: perbandingan antara jumlah mol zat terlarut dengan volume dalam liter suatu larutan, molaritas mempunyai satuan mol L^{-1}.

Natrium: logam dengan nomor atom 11, dengan simbol unsur Na, berwarna putih perak, Ar = 23, terletak pada golongan IA, merupakan logam yang sangat reaktif, reaksinya dengan air dapat menimbulkan ledakan.

Nikel: unsur dengan nomor atom 28, simbol Ni dan Ar 58,71, logam putih perak, dimurnikan untuk pertama kali oleh *Cronstedt* pada tahun 1751.

Nitro benzena: senyawa organik dengan rumus $C_6H_5NO_2$, merupakan zat berwarna kuning dan beracun, digunakan sebagai bahan pewangi sabun.

Nitrogen: unsur dengan nomor atom 7, simbol N dan Ar = 14,0067, berbentuk gas yang merupakan penyusun utama atmosfer (udara), unsur ini juga terdapat sebagai garam nitrat dalam berbagai mineral.

Oksidasi: berbagai proses yang pada hakekatnya menaikan valensi (bilangan oksidasi) dari unsur utama dalam sistem itu, mula-mula berupa reaksi dari unsur itu dengan oksigen, kemudian juga dengan halogen dan akhirnya reaksi yang unsur utamanya kehilangan elektron valensinya.

Oksigen: unsur dengan nomor atom 8, simbol O dan Ar = 15,9994, berbentuk gas dengan rumus O_2 dan merupakan komponen dari kerak bumi dalam bentuk silikat atau oksida, di udara merupakan unsur terbanyak ke dua setelah gas nitrogen.

Osmosis: penyebaran (difusi) cairan atau gas melewati dinding berpori atau membran semipermeabel, penyebaran ini disebabkan oleh gaya tarik antara molekul pelarut dan molekul zat terlarut.

Over potensial: tambahan potensial yang diperlukan agar reaksi dapat berlangsung dalam sel elektrolisis.

Persamaan Nerst: persamaan yang menghubungkan potensial sel eksperimen dengan potensian sel standar, *Nerst* diambil dari nama penemunya *Walther Nerst*.

Polimer: senyawa yang terbentuk dari gabungan dua molekul atau lebih senyawa lain, perbandingan banyaknya unsur tetap, tiap-tiap anggota deret senyawa yang terbuat dari penyusun yang sama berdasarkan ikatan kovalen contoh C_x-C_n dengan $n = 50$ atau lebih, misal senyawa polivinil.

Potensial elektrode standar: gaya dorong (gaya gerak listrik) dari reaksi redoks yang diukur pada keadaan tandar (kemolaran 1 M, tekanan 1 atm, dan suhu 25 ^oC).

Proses bilik timbal: proses pembuatan asam sulfat dengan menggunakan katalisator uap nitroso, campuran gas bersama udara dan uap air dialirkan ke dalam ruangan (bilik) yang dilapisi timbal sehingga akan terbentuk asam nitrosil, asam nitrosil ditambah air menjadi asam sulfat.

Proses Castner: proses pembuatan logam natrium secara elektrolisis leburan NaOH.

Proses Down: proses pembuatan logam natrium secara elektrolisis dari leburan NaCl dengan penambahan kalsium klorida 58 % dan sedikit kalium fluorida untuk menurunkan suhu lebur dari 800 ^oC menjadi 500 ^oC.

Proses Frasch : proses pembuatan belerang dari bijihnya berdasarkan proses *Frasch*, pada proses tersebut pipa logam yang berdiameter 15 cm berisi dua pipa konsentrik yang lebih kecil ditanam sampai menyentuh lapisan belerang. Uap air yang sangat panas dipompakan melalui pipa bagian luar sehingga belerang akan meleleh.

Proses Kontak: proses pembuatan asam sulfat dengan menggunakan bahan baku SO_2 yang diperoleh dari pemanggangan sulfida, kemudian gas SO_2 yang terjadi dialirkan dengan katalisator V_2O_5 menjadi SO_3, SO_3 yang terjadi dicampur dengan asam sulfat encer sehingga menjadi asam pirosulfat yang akan menjadi asam sulfat pekat jika ditambah dengan air.

Proses Oswald: proses pembuatan asam nitrat yang dikenalkan oleh *Oswald*, pada proses ini amonia dan udara dilalirkan melaui katalis platina-rhodium pada suhu 950 ^oC, kemudian dicampur dengan udara menghasilkan nitrogen dioksida, setelah itu disemprotkan air di dasar menara sehingga terbentuk asam nitrat.

Protein: merupakan komponen utama penyusun sel makhluk hidup, merupakan polipeptida yang mempunyai massa molekul besar.

Redoks: kependekan dari reduksi-oksidasi, reaksi yang melibatkan reaksi oksidasi dan reduksi secara bersamaan.

Reduksi: penambahan hidrogen atau pengambilan oksigen pada suatu zat, penurunan derajat atau bilangan oksidasi suatu unsur dalam senyawa, misalnya besi (III) klorida menjadi besi (II) klorida, penambahan elektron pada suatu unsur, penambahan hidrogen atau pengambilan oksigen pada suatu zat.

Sel bahan bakar: sumber listrik yang menggunakan prinsip reaksi redoks dari gas hidrogen dan gas oksigen.

Sel Daniel: sel atau baterai yang tersusun atas seng, seng sulfat, tembaga, dan tembaga sulfat.

Sel elektrokimia: sel yang dapat mengubah energi kimia menjadi listrik (sel volta) dan atau sebaliknya dapat mengubah energi listrik menjadi energi kimia (sel elektrolisis).

Sel elektrolisis: sel kimia yang menggunakan listrik untuk melangsungkan reaksinya.

Sel membran: merupakan sel dengan diafragma yang berpori dari membran polimer yang berfungsi sebagai penukar kation.

Sel merkuri: sel yang menggunakan merkuri (Hg) sebagai katodenya, sel ini dipakai pada proses elektrolisis yang menghasilkan NaOH

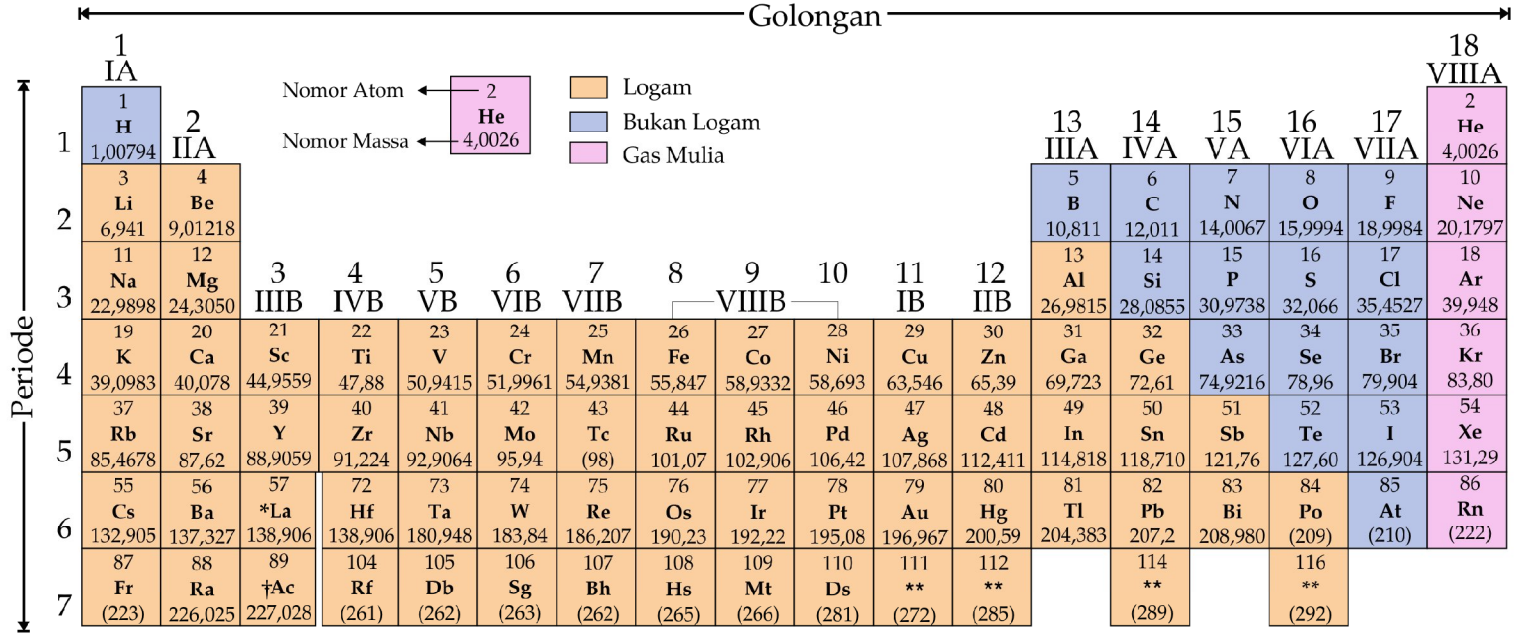
Sel Volta: penataan bahan kimia dan penghantar listrik yang memberikan aliran elektron lewat rangkaian luar dari suatu zat kimia yang teroksidasi ke zat kimia yang direduksi.

Titik beku: suhu yang dicapai ketika tekanan uap jenuh cairan sama dengan tekanan uap padatannya.

Titik didih: suhu yang dicapai ketika tekanan uap jenuh sama dengan tekanan luar, zat mendidih pada suhu di bawah tekanan 1 atm, artinya pada suhu itu tekanan uap jenuh zat itu sama dengan 1 atm.

Titik tripel: titik di mana tiga fase membentuk kesetimbangan, misal titik triple air pada tekanan 1 atm adalah 0 ^oC artinya pada suhu tersebut terdapat kesetimbangan antara uap air-es dan cair dengan kemurnian tinggi.

Tabel Periodik Unsur



Periode	1 IA	2 IIA	3 IIIB	4 IVB	5 VB	6 VIB	7 VIIB	8	9 VIIIB	10	11 IB	12 IIB	13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA
1	1 H 1,00794																	2 He 4,0026
2	3 Li 6,941	4 Be 9,01218											5 B 10,811	6 C 12,011	7 N 14,0067	8 O 15,9994	9 F 18,9984	10 Ne 20,1797
3	11 Na 22,9898	12 Mg 24,3050											13 Al 26,9815	14 Si 28,0855	15 P 30,9738	16 S 32,066	17 Cl 35,4527	18 Ar 39,948
4	19 K 39,0983	20 Ca 40,078	21 Sc 44,9559	22 Ti 47,88	23 V 50,9415	24 Cr 51,9961	25 Mn 54,9381	26 Fe 55,847	27 Co 58,9332	28 Ni 58,693	29 Cu 63,546	30 Zn 65,39	31 Ga 69,723	32 Ge 72,61	33 As 74,9216	34 Se 78,96	35 Br 79,904	36 Kr 83,80
5	37 Rb 85,4678	38 Sr 87,62	39 Y 88,9059	40 Zr 91,224	41 Nb 92,9064	42 Mo 95,94	43 Tc (98)	44 Ru 101,07	45 Rh 102,906	46 Pd 106,42	47 Ag 107,868	48 Cd 112,411	49 In 114,818	50 Sn 118,710	51 Sb 121,76	52 Te 127,60	53 I 126,904	54 Xe 131,29
6	55 Cs 132,905	56 Ba 137,327	57 *La 138,906	72 Hf 138,906	73 Ta 180,948	74 W 183,84	75 Re 186,207	76 Os 190,23	77 Ir 192,22	78 Pt 195,08	79 Au 196,967	80 Hg 200,59	81 Tl 204,383	82 Pb 207,2	83 Bi 208,980	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)
7	87 Fr (223)	88 Ra 226,025	89 †Ac 227,028	104 Rf (261)	105 Db (262)	106 Sg (263)	107 Bh (262)	108 Hs (265)	109 Mt (266)	110 Ds (281)	111 ** (272)	112 ** (285)		114 ** (289)		116 ** (292)		

* Lantanida	58 Ce 140,115	59 Pr 140,908	60 Nd 144,24	61 Pm (145)	62 Sm 150,36	63 Eu 151,965	64 Gd 157,25	65 Tb 158,925	66 Dy 162,50	67 Ho 164,930	68 Er 167,26	69 Tm 168,934	70 Yb 173,04	71 Lu 174,967
† Aktinida	90 Th 232,038	91 Pa 231,036	92 U 238,029	93 Np 237,048	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (260)

Sumber: General Chemistry, Hill J. W, Petrucci R. H, Mc Creary T. W, dan Perry S. S

Lampiran 2. Nama, Simbol, Nomor Atom, dan Nomor Massa

Nama	Simbol	Nomor Atom	Nomor Massa	Nama	Simbol	Nomor Atom	Nomor Massa
Aktinium	Ac	89	227, 028	Magnesium	Mg	12	24, 3050
Aluminium	AI	13	26, 9815	Meitnerium	Mt	109	(266)
Amerisium	Am	95	(243)	Mangan	Mn	25	54, 9381
Antimon	Sb	51	121, 757	Mendelevium	Md	101	(258)
Argon	Ar	18	39, 948	Molibdenum	Mo	42	95, 94
Arsen	As	33	74, 9216	Natrium	Na	11	22, 9898
Astat	At	85	(210)	Neodimium	Nd	60	144, 24
Barium	Ba	56	137, 327	Neon	Ne	10	20, 1797
Berkelium	Bk	97	(247)	Neptunium	Np	93	237, 048
Berilium	Be	4	9, 01218	Nikel	Ni	28	58, 693
Besi	Fe	26	55, 847	Niobium	Nb	41	92, 9064
Belerang	S	16	32, 066	Nitrogen	N	7	14, 0067
Bismut	Bi	83	208, 980	Nobelium	No	102	(259)
Bohrium	Bh	107	(262)	Osmium	Os	76	190, 23
Boron	B	5	10, 811	Oksigen	O	8	15, 9994
Bromin	Br	35	79, 904	Paladium	Pd	46	106, 42
Serium	Ce	58	140, 115	Perak	Ag	47	107, 868
Sesium	Cs	55	132, 905	Platinum	Pt	78	195, 08
Tembaga	Cu	29	63, 546	Plotonium	Pu	94	(244)
Kurium	Cm	96	(247)	Polonium	Po	84	(209)
Darmstadtium	Ds	110	(281)	Praseodimium	Pr	59	140, 908
Dubnium	Db	105	(262)	Promesium	Pm	61	(145)
Disprosium	Dy	66	162, 50	Protaktinium	Pa	91	231, 036
Einstenium	Es	99	(252)	Radium	Ra	88	226, 025
Emas	Au	79	196, 967	Radon	Rn	86	(222)
Erbium	Er	68	167, 26	Raksa	Hg	80	200, 59
Europium	Eu	63	151, 965	Renium	Re	75	186, 207
Fermium	Fm	100	(257)	Rodium	Rh	45	102, 906
Fluorin	F	9	18, 9984	Rubidium	Rb	37	85, 4678
Fosfor	P	15	30, 9738	Ruthenium	Ru	44	101, 07
Fransium	Fr	87	(223)	Ruterfordium	Rf	104	(261)
Gadolinium	Gd	64	157, 25	Samarium	Sm	62	150, 36
Galium	Ga	31	69, 723	Seaborgium	Sg	106	(263)
Germanium	Ge	32	72, 61	Selenium	Se	34	78, 96
Hafnium	Hf	72	178, 49	Seng	Zn	30	65, 39
Hassium	Hs	108	(265)	Silicon	Si	14	28, 0855
Helium	He	2	4, 00260	Skandium	Sc	21	44, 9559
Holmium	Ho	67	164, 930	Stronsium	Sr	38	87, 62
Hidrogen	H	1	1, 00794	Talium	Tl	81	204, 383
Indium	In	49	114, 818	Tantalum	Ta	73	180, 948
Iodin	I	53	126, 904	Teknisium	Tc	43	(98)
Iridium	Ir	77	192, 22	Telurium	Te	52	127, 60
Kadmium	Cd	48	112, 411	Terbium	Tb	65	158, 925
Kalsium	Ca	20	40, 078	Timbal	Pb	82	207, 2
Kalifornium	Cf	98	(251)	Timah	Sn	50	118, 710
Kalium	K	19	39, 0983	Titanium	Ti	22	47, 88
Karbon	C	6	12, 011	Torium	Th	90	232, 038
Klorin	Cl	17	35, 4527	Tulium	Tm	69	168, 934
Kobalt	Co	27	58, 9332	Wolfram	W	74	183, 84
Kripton	Kr	36	83, 80	Uranium	U	92	238, 029
Kromium	Cr	24	51, 9961	Vanadium	V	23	50, 9415
Lantanium	La	57	138, 906	Xenon	Xe	54	131, 29
Lawrensium	Lr	103	(260)	Yterbium	Yb	70	173, 04
Litium	Li	3	6, 941	Ytrium	Y	39	88, 9059
Lutetium	Lu	71	174, 967	Zirkonium	Zr	40	91, 224

Sumber: General Chemistry, Hill J. W, Petrucci R. H, Mc Creary T. W, dan Perry S. S

Lampiran 3. Tetapan Kesetimbangan

A. Tetapan ionisasi asam lemah pada 25 °C

Nama Asam	Rumus Kimia	K_a	Nama Asam	Rumus Kimia	K_a
Asetat	$HC_2H_3O_2$	$1{,}8 \times 10^{-5}$	Iodat	HIO_3	$1{,}6 \times 10^{-1}$
Akrilat	$HC_3H_3O_2$	$5{,}5 \times 10^{-5}$	Karbonat	H_2CO_3	$4{,}4 \times 10^{-7}$
Arsenat	H_3AsO_4	$6{,}0 \times 10^{-3}$		HCO_3^-	$4{,}7 \times 10^{-11}$
	$H_2AsO_4^-$	$1{,}0 \times 10^{-7}$	Klorat	$HClO_2$	$1{,}1 \times 10^{-2}$
	$HAsO_4^{2-}$	$3{,}2 \times 10^{-12}$	Kloroasetat	$HC_2H_2ClO_2$	$1{,}4 \times 10^{-3}$
Arsenit	H_3AsO_3	$6{,}6 \times 10^{-10}$	Laktat	$HC_3H_5O_2$	$1{,}4 \times 10^{-4}$
Benzoat	$HC_7H_5O_2$	$6{,}3 \times 10^{-5}$	Malonat	$H_2C_3H_2O_4$	$1{,}5 \times 10^{-3}$
Bromoasetat	$HC_2H_2BrO_2$	$1{,}3 \times 10^{-3}$		$HC_3H_2O_4^-$	$2{,}0 \times 10^{-6}$
Butirat	$HC_4H_7O_2$	$1{,}5 \times 10^{-5}$	Nitrit	HNO_2	$7{,}2 \times 10^{-4}$
Dikloroasetat	$HC_2HCl_2O_2$	$5{,}5 \times 10^{-2}$	Oksalat	$H_2C_2O_4$	$5{,}4 \times 10^{-2}$
Fenol	HOC_6H_5	$1{,}0 \times 10^{-10}$		$HC_2O_4^-$	$5{,}3 \times 10^{-5}$
Fenilasetat	$HC_8H_7O_2$	$4{,}9 \times 10^{-5}$	Propionat	$HC_3H_5O_2$	$1{,}3 \times 10^{-5}$
Flouroasetat	$HC_2H_2FO_2$	$2{,}6 \times 10^{-3}$	Pirofosfat	$H_3P_2O_7^-$	$4{,}4 \times 10^{-3}$
Format	$HCHO_2$	$1{,}8 \times 10^{-4}$		$H_4P_2O_7$	$3{,}0 \times 10^{-2}$
Fosforat	H_3PO_4	$7{,}1 \times 10^{-3}$		$H_2P_2O_7^{2-}$	$2{,}5 \times 10^{-7}$
	$H_2PO_4^-$	$6{,}3 \times 10^{-8}$		$HP_2O_7^{3-}$	$5{,}6 \times 10^{-10}$
	HPO_4^{2-}	$4{,}2 \times 10^{-13}$	Sianat	$HOCN$	$3{,}5 \times 10^{-4}$
Fosforit	H_3PO_3	$3{,}7 \times 10^{-2}$	Sitrat	$H_3C_6H_5O_7$	$7{,}4 \times 10^{-4}$
	$H_2PO_3^-$	$2{,}1 \times 10^{-7}$		$H_2C_6H_5O_7^-$	$1{,}7 \times 10^{-5}$
Hidroflorida	HF	$6{,}6 \times 10^{-4}$		$HC_6H_5O_7^{2-}$	$4{,}0 \times 10^{-7}$
Hidrogen peroksida	H_2O_2	$2{,}2 \times 10^{-12}$	Sulfat	H_2SO_4	asam kuat
Hidroselenat	H_2Se	$1{,}3 \times 10^{-4}$		HSO_4^-	$1{,}1 \times 10^{-2}$
	HSe^-	$1{,}0 \times 10^{-11}$	Sulfit	H_2SO_3	$1{,}3 \times 10^{-2}$
Hidrosianat	HCN	$6{,}2 \times 10^{-10}$		HSO_3^-	$6{,}2 \times 10^{-8}$
Hipobromida	$HOBr$	$2{,}5 \times 10^{-9}$	Tiofenol	HSC_6H_5	$3{,}2 \times 10^{-7}$
Hipoiodida	HOI	$2{,}3 \times 10^{-11}$	Trikloroasetat	$HC_2Cl_3O_2$	$3{,}0 \times 10^{-1}$
Hipoklorida	$HOCl$	$2{,}9 \times 10^{-8}$			

Sumber: General Chemistry, Hill J. W, Petrucci R. H, Mc Creary T. W, dan Perry S. S

B. Tetapan ionisasi basa lemah pada 25 °C

Nama Basa	Rumus Kimia	K_b	Nama Basa	Rumus Kimia	K_b
Amonia	NH_3	$1{,}8 \times 10^{-5}$	Kodein	$C_{18}H_{21}O_3N$	$8{,}9 \times 10^{-7}$
Anilin	$C_6H_5NH_2$	$7{,}4 \times 10^{-10}$	Metilamin	CH_3NH_2	$4{,}2 \times 10^{-4}$
Dietilamin	$(C_2H_5)_2NH$	$6{,}9 \times 10^{-4}$	Morfin	$C_{17}H_{19}O_3N$	$7{,}4 \times 10^{-7}$
Dimetilamin	$(CH_3)_2NH$	$5{,}9 \times 10^{-4}$	Piperidin	$C_5H_{11}N$	$1{,}3 \times 10^{-3}$
Etilamin	$C_2H_5NH_3$	$4{,}3 \times 10^{-4}$	Piridin	C_5H_5N	$1{,}5 \times 10^{-9}$
Hidrasin	NH_2NH_2	$8{,}5 \times 10^{-7}$	Quinolin	C_9H_7N	$6{,}3 \times 10^{-10}$
	$NH_2NH_3^+$	$8{,}9 \times 10^{-16}$	Trietanolamin	$C_6H_{15}O_3N$	$5{,}8 \times 10^{-7}$
Hidroksiamin	NH_2OH	$9{,}1 \times 10^{-9}$	Trietilamin	$(C_2H_5)_3N$	$5{,}2 \times 10^{-4}$
Isoquinolin	C_9H_7N	$2{,}5 \times 10^{-9}$	Trimetilamin	$(CH_3)_3N$	$6{,}3 \times 10^{-5}$

Sumber: General Chemistry, Hill J. W, Petrucci R. H, Mc Creary T. W, dan Perry S. S

C. Tetapan Hasil Kali Kelarutan (K_{sp})

Nama Larutan	Rumus Kimia	K_{sp}
Aluminium hidroksida	$Al(OH)_3$	$1,3 \times 10^{-33}$
Aluminium fosfat	$AlPO_4$	$6,3 \times 10^{-19}$
Barium karbonat	$BaCO_3$	$5,1 \times 10^{-9}$
Barium kromat	$BaCrO_4$	$1,2 \times 10^{-10}$
Barium fluorida	BaF_2	$1,0 \times 10^{-6}$
Barium hidroksida	$Ba(OH)_2$	$5,0 \times 10^{-3}$
Barium sulfat	$BaSO_4$	$1,1 \times 10^{-10}$
Barium sulfit	$BaSO_3$	$8,0 \times 10^{-7}$
Barium tiosulfat	BaS_2O_3	$1,6 \times 10^{-5}$
Besi (II) karbonat	$FeCO_3$	$3,2 \times 10^{-11}$
Besi (II) hidroksida	$Fe(OH)_2$	$8,0 \times 10^{-16}$
Besi (II) sulfida	FeS	$6,0 \times 10^{-19}$
Besi (III) arsenat	$FeAsO_4$	$5,7 \times 10^{-21}$
Besi (III) ferrosianida	$Fe_4[Fe(CN)_6]_3$	$3,3 \times 10^{-41}$
Besi (III) hidroksida	$Fe(OH)_3$	$4,0 \times 10^{-38}$
Besi (III) fosfat	$FePO_4$	$1,3 \times 10^{-22}$
Bismutil khlorida	$BiOCl$	$1,8 \times 10^{-31}$
Bismutil hidroksida	$BiOOH$	$4,0 \times 10^{-10}$
Kalsium karbonat	$CaCO_3$	$2,8 \times 10^{-9}$
Kalsium kromat	$CaCrO_4$	$7,1 \times 10^{-4}$
Kalsium fluorida	CaF_2	$5,3 \times 10^{-9}$
Kalsium hidrogen fosfat	$CaHPO_4$	$1,0 \times 10^{-7}$
Kalsium hidroksida	$Ca(OH)_2$	$5,5 \times 10^{-6}$
Kalsium oksalat	CaC_2O_4	$2,7 \times 10^{-9}$
Kalsium fosfat	$Ca_3(PO_4)_2$	$2,0 \times 10^{-29}$
Kalsium sulfat	$CaSO_4$	$9,1 \times 10^{-6}$
Kalsium sulfit	$CaSO_3$	$6,8 \times 10^{-8}$
Kromium (II) hidroksida	$Cr(OH)_2$	$2,0 \times 10^{-16}$
Kromium (III) hidroksida	$Cr(OH)_3$	$6,3 \times 10^{-31}$
Kobalt (II) karbonat	$CoCO_3$	$1,4 \times 10^{-13}$
Kobalt (II) hidroksida	$CO(OH)_2$	$1,6 \times 10^{-15}$
Kobalt (III) hidroksida	$CO(OH)_3$	$1,6 \times 10^{-44}$
Litium fluorida	LiF	$3,8 \times 10^{-3}$
Litium fosfat	Li_3PO_4	$3,2 \times 10^{-9}$
Magnesium amonium fosfat	$MgNH_4PO_4$	$2,5 \times 10^{-13}$
Magnesium karbonat	$MgCO_3$	$3,5 \times 10^{-8}$
Magnesium fluorida	MgF_2	$3,7 \times 10^{-8}$
Magnesium hidroksida	$Mg(OH)_2$	$1,8 \times 10^{-11}$
Magnesium fosfat	$Mg_3(PO_4)_2$	$1,0 \times 10^{-25}$
Mangan (II) karbonat	$MnCO_3$	$1,8 \times 10^{-11}$
Mangan (II) hidroksida	$Mn(OH)_2$	$1,9 \times 10^{-13}$
Mangan(II) sulfida	MnS	$3,0 \times 10^{-14}$
Nikel (II) karbonat	$NiCO_3$	$6,6 \times 10^{-9}$
Nikel (II) hidroksida	$Ni(OH)_2$	$2,0 \times 10^{-15}$
Perak nitrit	$AgNO_2$	$6,0 \times 10^{-4}$

Nama Larutan	Rumus Kimia	K_{sp}
Perak sulfat	Ag_2SO_4	$1,4 \times 10^{-5}$
Perak sulfida	Ag_2S	$6,0 \times 10^{-51}$
Perak sulfit	Ag_2SO_3	$1,5 \times 10^{-14}$
Perak tiosianat	AgSCN	$1,0 \times 10^{-12}$
Perak bromida	AgBr	$5,0 \times 10^{-13}$
Perak klorida	AgCl	$1,8 \times 10^{-10}$
Raksa (I) bromida	Hg_2Br_2	$5,6 \times 10^{-23}$
Raksa (I) khlorida	Hg_2Cl_2	$1,3 \times 10^{-18}$
Raksa (I) iodida	Hg_2I_2	$4,5 \times 10^{-29}$
Raksa (II) sulfida	HgS	$2,0 \times 10^{-53}$
Seng karbonat	$ZnCO_3$	$1,4 \times 10^{-17}$
Seng oksalat	ZnC_2O_4	$2,7 \times 10^{-33}$
Stronsium karbonat	$SrCO_3$	$1,1 \times 10^{-10}$
Stronsium kromat	$SrCrO_4$	$2,2 \times 10^{-5}$
Stronsium fluorida	SrF_2	$2,5 \times 10^{-9}$
Stronsium sulfat	$SrSO_4$	$3,2 \times 10^{-7}$
Tembaga (lI) karbonat	$CuCO_3$	$1,4 \times 10^{-10}$
Tembaga (lI) kromat	$CuCrO_4$	$3,6 \times 10^{-6}$
Tembaga (lI)ferrosianida	$Cu_2[Fe(CN)_6]$	$1,3 \times 10^{-16}$
Tembaga (lI) hidroksida	$Cu(OH)_2$	$2,2 \times 10^{-20}$
Tembaga (lI) sulfida	CuS	$6,0 \times 10^{-37}$
Timbal (lI) bromida	$PbBr_2$	$4,0 \times 10^{-5}$
Timbal (lI) karbonat	$PbCO_3$	$7,4 \times 10^{-14}$
Timbal (II) klorida	$PbCl_2$	$1,6 \times 10^{-5}$
Timbal (II) kromat	$PbCrO_4$	$2,8 \times 10^{-13}$
Timbal (II) fluorida	PbF_2	$2,7 \times 10^{-8}$
Timbal (II) hidroksida	$Pb(OH)_2$	$1,2 \times 10^{-15}$
Timbal (II) iodida	PbI_2	$7,1 \times 10^{-9}$
Timbal (II) sulfat	$PbSO_4$	$1,6 \times 10^{-8}$
Timbal (II) sulfida	PhS	$3,0 \times 10^{-28}$
Timbal (II) tiosulfat	PbS_2O_3	$4,0 \times 10^{-7}$
Tembaga (I) klorida	CuCl	$1,2 \times 10^{-6}$
Tembaga (I) sianida	CuCN	$3,2 \times 10^{-20}$
Tembaga (I) iodida	CuI	$1,1 \times 10^{-12}$

Sumber: General Chemistry, Hill J. W, Petrucci R. H, Mc Creary T. W, dan Perry S. S

Lampiran 4. Potensial elektrode standart (Reaksi reduksi) pada 25 C

Setengah Reaksi Reduksi	*E* (Volt)
$F_2(g) + 2e^- \rightarrow 2F^-(aq)$	+ 2,866
$O_3(g) + 2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow O_2(g) + H_2O(l)$	+ 2,075
$S_2O_8^{2-}(aq) + 2e^- \rightarrow 2SO_4^{2-}(aq)$	+ 2,01
$Ag_2^+(aq) + e^- \rightarrow Ag^+(aq)$	+ 1,98
$H_2O_2(aq) + 2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow 2H_2O(l)$	+ 1,763
$MnO_4^-(aq) + 4H^+(aq) + 3e^- \rightarrow MnO_2(s) + 2H_2O(l)$	+ 1,70
$PbO_2(s) + SO_4^{2-}(aq) + 4H^+(aq) + 2e^- \rightarrow PbSO_4(S) + 2H_2O(l)$	+ 1,69
$Au_3^+(aq) + 2e^- \rightarrow Au(s)$	+ 1,52
$MnO_4^-(aq) + 8H^+(aq) + 5e^- \rightarrow Mn^{2+}(aq) + 4H_2O(l)$	+ 1,51
$2BrO_3^-(aq) + 12H^+(aq) + 10e^- \rightarrow Br_2(l) + 6H_2O(l)$	+ 1,478
$PbO_2(s) + 4H^+(aq) + 2e^- \rightarrow Pb^{2+}(aq) + 2H_2O(l)$	+ 1,455
$ClO_3^-(aq) + 6H^+(aq) + 6e^- \rightarrow Cl^-(aq) + 3H_2O(l)$	+ 1,450
$Au^{3+}(aq) + 2e^- \rightarrow Au^+(aq)$	+ 1,36
$Cl_2(g) + 2e^- \rightarrow 2Cl^-(aq)$	+ 1,358
$Cr_2O_7^{2-}(aq) + 14H^+(aq) + 6e^- \rightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 7H_2O(l)$	+ 1,33
$MnO_2(s) + 4H^+(aq) + 2e^- \rightarrow Mn^{2+}(aq) + 2H_2O(l)$	+ 1,23
$O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \rightarrow 2H_2O(l)$	+ 1,229
$ClO_4^-(aq) + 2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow ClO_3^-(aq) + H_2O(l)$	+ 1,19
$ClO_3^-(aq) + 2H^+(aq) + e^- \rightarrow ClO_2(g) + H_2O(l)$	+ 1,175
$NO_2(g) + H^+(aq) + e^- \rightarrow HNO_2(aq)$	+ 1,07
$Br_2(l) + 2e^- \rightarrow 2Br^-(aq)$	+ 1,065
$NO_2(g) + 2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow NO(g) + H_2O(l)$	+ 1,03
$NO_3^-(aq) + 4H^+(aq) + 3e^- \rightarrow NO(g) + 2H_2O(l)$	+ 0,956
$Hg^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Hg(l)$	+ 0,854
$Ag^+(aq) + e^- \rightarrow Ag(s)$	+ 0,800
$Fe^{3+}(aq) + e^- \rightarrow Fe^{2+}(aq)$	+ 0,771
$O_2(g) + 2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2O_2(aq)$	+ 0,695
$MnO_4^-(aq) + e^- \rightarrow MnO_4^{2-}(aq)$	+ 0,56
$I_2(s) + 2e^- \rightarrow 2I^-(aq)$	+ 0,535
$Cu^+(aq) + e^- \rightarrow Cu(s)$	+ 0,520
$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s)$	+ 0,340
$PbO_2(s) + 2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow PbO(s) + H_2O(l)$	+ 0,28
$Hg_2Cl_2(s) + 2e^- \rightarrow 2Hg(l) + 2Cl^-(aq)$	+ 0,2676
$AgCl(s) + e^- \rightarrow Ag(s) + Cl^-(aq)$	+ 0,2223
$SO_4^{2-}(aq) + 4H^+(aq) + 2e^- \rightarrow 2H_2O(l) + SO_2(g)$	+ 0,17
$Cu^{2+}(aq) + e^- \rightarrow Cu^+(aq)$	+ 0,159
$S(s) + 2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2S(g)$	+ 0,14
$AgBr(s) + e^- \rightarrow Ag(s) + Br^-(aq)$	+ 0,071
$2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_2(g)$	0
$Pb^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Pb(s)$	– 0,125

Setengah Reaksi Reduksi	E (Volt)
$Sn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Sn(s)$	– 0,137
$AgI(s) + e^- \rightarrow Ag(s) + I^-(aq)$	– 0,152
$V^{3+}(aq) + e^- \rightarrow V^{2+}(aq)$	– 0,255
$Ni^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Ni(s)$	– 0,257
$H_3PO_4(aq) + 2H^+(aq) + 2e^- \rightarrow H_3PO_3(aq) + H_2O(l)$	– 0,276
$Co^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Co(s)$	– 0,277
$PbSO_4(s) + 2e^- \rightarrow Pb(s) + SO_4^{2-}(aq)$	– 0,356
$Cd^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cd(s)$	– 0,403
$Cr^{3+}(aq) + e^- \rightarrow Cr^{2+}(aq)$	– 0,424
$Fe^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Fe(s)$	– 0,440
$Zn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Zn(s)$	– 0,763
$Cr^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cr(s)$	– 0,90
$Mn^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Mn(s)$	– 1,18
$Ti^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Ti(s)$	– 1,63
$U^{3+}(aq) + 3e^- \rightarrow U(s)$	– 1,66
$Al^{3+}(aq) + 3e^- \rightarrow Al(s)$	– 1,676
$Mg^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Mg(s)$	– 2,356
$Na^+(aq) + e^- \rightarrow Na(s)$	– 2,713

Sumber: General Chemistry, Hill J. W, Petrucci R. H, Mc Creary T. W, dan Perry S. S

Lampiran 5. Satuan Internasional (SI)

A. Besaran pokok SI

Besaran	Satuan	Singkatan	Besaran	Satuan	Singkatan
Panjang	meter	m	Suhu	Kelvin	K
Massa	kilogram	kg	Intensitas cahaya	Candela	Cd
Waktu	detik	det (s)	Jumlah mol	Mol	mol
Kuat arus	Ampere	A			

Sumber: General Chemistry Principles and Modern Application, Patrucci R. H, Harwood W. S, dan Herring G. F

B. Besaran turunan SI

Besaran	Satuan	Singkatan
Luas	meter persegi	m^2
Volume	meter kubik	m^3
Kecepatan	meter per detik^{-1}	m det^{-1}
Percepatan	meter per detik^{-2}	m det^{-2}
Massa jenis	kilogram per meter kubik	kg m^{-3}
Massa molar	kilogram per mol	kg mol^{-1}
Volume molar	meter kubik per mol	m^{-3} mol^{-1}
Kemolaran	mol per meter kubik	mol m^{-3}

Sumber: General Chemistry Principles and Modern Application, Patrucci R. H, Harwood W. S, dan Herring G. F

C. Awalan SI

	Awalan	Singkatan		Awalan	Singkatan
10^{12}	tera	*T*	10^{-2}	centi	*c*
10^{9}	giga	*G*	10^{-3}	milli	*m*
10^{6}	mega	*M*	10^{-6}	mikro	*μ*
10^{3}	kilo	*k*	10^{-9}	nano	*n*
10^{2}	hekto	*h*	10^{-12}	piko	*p*
10^{1}	deka	*da*	10^{-15}	femto	*f*
10^{-1}	deci	*d*	10^{-18}	atto	*a*

Sumber: General Chemistry Principles and Modern Application, Patrucci R. H, Harwood W. S, dan Herring G. F

DAFTAR PUSTAKA

Atkins, Robert C dan Carey, Francs A. 2002. *Organic Chemistry A Brief Course*. . New York: McGraw-Hill

Brown, Theodore E. at al. 2003. *Chemistry: The Central Science*. Ninth Edition. New Jersey: Prentice-Hall, Inc

Brian, O'Pat. 2001. *Target Science, Chemistry Foundation Tier*. New York: Oxford

Departemen Pendidikan Nasional. 2006. *Standart Kompetensi Sekolah Menengah Atas dan Madrasah Aliyah Untuk Mata Pelajaran: Kimia*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.

Hill, J. W. *at al*. 2005. *General Chemistry*. Fourth Edition. New Jersey: Prentice-Hall, Inc

Hill, J. W dan Petrucci, R. H. 2002. *General Chemistry*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc

Hill, J. W, Petrucci R. H, McCreary T. W, dan Perry S. S. 2005. *General Chemistry*. Fourth Edition. Amerika Serikat: Prentice Hall

Hiskia, Achmad. 1992. *Kimia Unsur dan Radio Kimia*. Bandung: PT. Citra Aditya Bakti

Hoong, Nguan Eng, dkk. 1999. *Fokus, SPM, Kimia*. Malaysia: Penerbitan Pelangi Sdn. Bhd

Keenan, Kleinfelter. Wood. 1980. *General Chemistry College*. (Terjemahan A. Hadyana P). Harper and Row Publisher, Inc.

McMurry, John and Fay, Robert C. 2004. *Chemistry*. Fourth Edition. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.

Petrucci, R. H, 1987. *General Chemistry, Principles and Aplication*. Fourth Edition. (Terjemahan Suminar). Collier Macmillan Inc

Petrucci, R. H, Harwood W. S, dan Herring G. F. 2002. *General Chemistry, Principles and Modern Applications*. Eighth Edition. New Jersey: Prentice-Hall, Inc

Ryan, Lawrie. 2001. *Chemistry for you*. Second Edition. Inggris: Nelson Thorne

Silberberg, M. S. 2000. *Chemistry, The Molecular Nature of Matter and Change*. Second Edition. Amerika Serikat: McGraw-Hill Companies, Inc

Stevens, M. P. 2001. *Polymer Chemistry*: An Introduction. New York: Oxford

Sumber Bacaan dan Gambar

Surabaya Post, Kamis, 28 Juli 2005
www. chromnicle.co
www.gutenberg.org

Kunci Jawaban

Uji Kompetensi Sifat Koligatif Larutan

Bagian A

3. 3,25 mol L^{-1}
5. 1,98 m
7. alkohol
9. –3,4 °C
11. $m = 1{,}428$; X = 0,204
13. a. 0,1 M urea; b. Sama; c. 0,1 m NaCl; d. 0,1 m Na_2SO_4

Bagian B

1. b. kenaikan titik didih
3. e. air hingga volume larutan 1 liter
5. d. larutan NaCl 10 % (Mr = 58,5)
7. a. 0,0164
9. b. $30 \times \frac{21}{51}$
11. a. 2 %
13. c. $\frac{100\ M}{x \times \Delta T}$
15. a. –0,18
17. a. 17,1
19. d. 60 %

Uji Kompetensi Reaksi Redoks

Bagian A

1. a. reduktor : I^-; oksidator : IO_3^-;
 b. reduktor : Cl_2;
 c. reduktor : S; oksidator : HNO_3
3. a. $Fe(s) + 6H^+(aq) \rightarrow 2Fe^{3+}(aq) + 3H_2(g)$
 b. $I_2(aq) + 2Cl^-(aq) \rightarrow 2I^-(aq) + Cl_2(g)$
 c. $Mg(s) + Cd^{2+}(aq) \rightarrow Mg^{2+}(aq) + Cd(s)$
 d. $Ag(s) + Cu^{2+} \rightarrow Ag^+(aq) + Cu(s)$
5. mempunyai nilai E^o positif dan nilai E sel positif,

Bagian B

1. d. 3
3. d. SbO_4^{3-}
5. d. $3P + 5NO_3^- + 4OH^- \rightarrow 3PO_4^{3-} + 2H_2O + 5NO$
7. d. 0 menjadi –1 dan +1
9. a. 0,05
11. d. $Mg \mid Mg^{2+} \mid\mid Cu^{2+} \mid Cu$
13. b. $Fe^{+} + Cl_2 \rightarrow Fe^{3+} + 2Cl^-$
15. d. tembaga, hidrogen, besi, natrium

Uji Kompetensi Elektrolisis

Bagian A

1. a. anode : $2Cl^-(aq) \rightarrow Cl_2(g) + 2e$
 katode: $2H_2O(l) + 2e \rightarrow H_2(g) + 2OH^-$
 b. anode : $2Cl^-(aq) \rightarrow Cl_2(g) + 2e$
 katode: $2Na^+(aq) + 2e \rightarrow 2Na(s)$
3. 0,34 gram
5. 1,926 10^6

Bagian B

1. b. gas O_2
3. d. $Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e$
5. e. I_2
7. b. 0,1
9. c. 3

Uji Kompetensi Kimia Unsur

Bagian A

1. iodin
3. hidrida merupakan senyawa ion yang hidrogennya mempunyai bilangan oksidasi –1
5. $HClO_4 > H_2SO_4 > H_3PO_4 > H_2SiO_3$
9. 25 hari

Bagian B

1. e. astatin
3. a. fluorin
5. e. *K, L, M, N*
7. a. $SrSO_4$
9. a. berilium
11. a. $MgCO_3$ dan $BaSO_4$
13. e. $Fe_3O_4 + CO \rightarrow Fe + CO_2$
17. a. $\frac{1}{8}$ X
19. d. $\frac{1}{16}$

Uji Kompetensi Semester 1

Bagian A

1. 0,292
3. 1,249
5. a. ^2_1H b. ^4_2He c. $^{238}_{92}Pu$

Bagian B

1. e. larutan $Fe_2(SO_4)_3$ 0,05 M
3. b. 23,2
5. a. Cu dan PbO_2
7. c. oksigen dan air
9. d. titik didih tinggi
11. b. *Pierre* dan *Marie Curie*
13. d. 60 %
15. c. *Castner* dan *Down*

Uji Kompetensi Senyawa Organik dan Makromolekul

Bagian A

1. a. turunan alkana dengan menggantikan 1 atau lebih atom hidrogen dengan atom halogen
 b. senyawa karbon yang mempunyai rumus molekul sama, tetapi memiliki rumus struktur berbeda
 c. senyawa yang terbentuk dari penggabungan monomer-monomer
3. gugus karbonil mengandung 1 atom oksigen sedangkan gugus karboksil mengandung 2 atom oksigen
5. a. 2,2-dimetil-pentanol
 b. asam 2-etil-pentanoat
 c. 3,4-dikloro-anilin

Bagian B

1. e. 
3. e. 2,3-dikloro-4-metil-pentana
5. e. jawaban b dan c benar
7. a. 2-metil-3-butanol
9. b. iodoform
11. b. CCl_2F_2
13. a. asam asetat
15. b. maltosa
17. e. ketosa
19. d. gliseril lauropalmitostearat

Uji Kompetensi Semester 2

Bagian A

1. $H_9C_4 - CH_2 - OH \xrightarrow[-H_2O]{O_2} H_9C_4 - \overset{O}{\overset{\|}{C}} - H$
3. suhu kamar berwujud cari untuk rantai pendek, kelarutan berkurang dengan bertambahnya atom karbon dalam molekul.
5. polimer, karbohidrat, dan protein.

Bagian B

1. c. asam karboksilat
3. b. 3
5. d. asam benzena sulfonat
7. d. CCl_4
9. c. asam linoleat
11. a. gliserol
13. c. laktase
15. a. penyabunan

Uji Kompetensi Akhir Tahun

Bagian A

1. –0,0081 C
3. 0,039 V
5. 1,62 g

Bagian B

1. c. 20
3. a. O_2
5. c. 0,38
7. d. Mn dan Cu
9. e. 35
11. d. polistirena
13. a. fruktosa
15. c. uji biuret

INDEKS

A

Afinitas elektron 106
Air lunak 138
Air sadah 138, 181
Aki 69, 70, 73
Aldehid 188
Alkali 100, 115, 180
Alkali tanah 100, 120
Alkana 191
Alkohol 188, 192
Alkohol primer 192
Alkohol sekunder 192, 194
Alkohol tersier 193, 194
Aluminium 145
Amfoter 133, 136, 146
Anode
58, 61, 62, 70, 78, 80
Arang aktif 160
Asam karboksilat 188, 202
Asam lemak 229, 235
Azeotrop 210

B

Belerang 169
Benzena 188
Besi 149
Besi gubal 150
Bilangan oksidasi
45, 47, 52, 72
Blister copper 154

C

C asimetris 209
C primer 192
C sekunder 192
C tersier 193
Cromium plating 94
Curie, Marie Sklodowska 174

D

Denaturasi 227
Derajat ionisasi 34
Deret *Volta* 67
Diagram sel 58
Diatomik 115
Disakarida 221
Distilasi 139
Down 141

E

Electrorefining 90
Elektrode 58
Elektrolisis
78, 79, 85, 87, 154, 159
Elektrolit 13, 32, 69
Elektroplating 78, 90, 96
Emas 156
Energi ikatan 106
Energi ionisasi
121, 131, 135
Energi kinetik 10
Ester 204
Eter 197
Everest 17

F

Faraday 78, 84, 85, 96
Fluks 149
Fosfor 166
Fraksi mol 2, 3, 7, 38

G

Galvanisasi 94
Gay Lussac 171
Glover 171
Goodyear, Charles 233
Green house effect 161

H

Haber-Bosch 163
Halogen 100, 111, 180
Hasil reaksi 66
Hidrolisis
110, 203, 205, 221
Hipertonik 30
Hipotonik 30
Homogen 3

I

Ikatan hidrogen 197
Ikatan logam 121
Intan 159
Isobar 175
Isomer 189, 208
Isomer fungsional 208, 235
Isomer geometri 209
Isomer optis aktif 209
Isomer posisi 209
Isomer rantai 208, 235
Isotonik 30
Isotop 175, 177
IUPAC 190, 192

J

Jari-jari atom 104
Jembatan garam 57

K

Karat 91
Karbohidrat 188, 220, 235
Karbon 158
Karsinogenik 129
Katalisator 162
Katode 58, 61, 62, 78
Kenaikan titik didih 18
Kesadahan sementara 139
Kesadahan tetap 139
Kesetimbangan dinamis 9
Keton 200
Konsentrasi 2
Korosi 78, 91, 96, 125
Kriogenik 158
Krom 155

L

Larutan 2
Larutan ideal 12, 16
Leclanche 68, 73
Lemak 188, 229, 235
Lumpur-anode 90

M

Makromolekul 188
Membran semipermeabel 27, 37
Metaloid 133
Metode ion elektron 51
Mineral 101
Molalitas 2, 3, 5, 38
Molaritas 2, 3, 4, 38
Monomer 216
Mutagenik 129

N

Nerst, Walther 65
Nikel 152
Nobel, Alfred 206
Nuklida 181

O

Oksidator 47, 137
Osmosis 27
Overpotensial 79, 82, 89

P

Pelarut 2, 3, 7, 18
Polimer 188, 216, 235
Polimerisasi 217
Polisakarida 222
Potensial elektrode 61
Potensial sel 61
Proses bilik timbal 171
Proses *Castner* 141
Proses *Down* 141, 143
Proses *Frasch* 169
Proses kontak 170
Protein 188, 224, 235

R

Radiasi 176
Radioaktif 100, 115, 174, 175, 177
Raoult 11, 12, 16
Reaksi alkilasi *Friedel-Crafts* 212
Reaksi eksoterm 119
Reaksi halogenasi 212
Reaksi hidrogenasi 212
Reaksi nitrasi 212
Reaksi oksidasi 44, 45, 212
Reaksi pendesakan 67
Reaksi redoks 44, 45, 47, 72
Reaksi reduksi 44, 72
Reaksi sulfonasi 212
Reaksi termit 155
Reaktan 66
Reduktor 47, 121, 137, 142, 149, 200
Resin 140

S

Sacrificial anode 94
Sel bahan bakar 71
Sel *Daniell* 57, 58, 59, 70
Sel darah 29, 32
Sel diafragma 88
Sel elektrokimia 56, 73
Sel elektrolisis 56, 77, 80, 96
Sel *Galvani* 57
Sel *Leclanche* 68, 70
Sel membran 89
Sel *Volta* 44, 56, 58
Sifat koligatif 3
Silikon 164
Solute 3, 38
Solvent 3, 38

T

Transisi 152
Tanur tiup 149, 150
Tekanan osmosis 3, 27, 28

Tekanan uap jenuh 9
Teratogenik 129
Termit 147
Tetapan kesetimbangan asam 202
Timah 154
Tin plating 94
Titik beku 23, 25, 33
Titik didih 17, 19, 23, 106, 191, 197
Titik leleh 106
Tollens 207

V

van der Waals 132
Van't Hoff 28, 33, 34, 35
Viskositas 227
Volatil 11

W

Wohler, Friedrich 189

Z

Zat terlarut 2, 3, 7
Zeolit 139

Diunduh dari BSE.Mahoni.com



Mari Belajar Kimia JILID 3

untuk SMA-MA Kelas XII IPA

ISBN 978-979-068-188-0(no.jil.lengkap)
ISBN 978-979-068-191-0

Buku ini telah dinilai oleh Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP) dan telah dinyatakan layak sebagai buku teks pelajaran berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 22 Tahun 2007 tanggal 25 Juni 2007 Tentang Penetapan Buku Teks Pelajaran Yang Memenuhi Syarat Kelayakan Untuk Digunakan Dalam Proses Pembelajaran.

Harga Eceran Tertinggi (HET) Rp 13.744,-